



DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

**ESTUDIO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN
PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL, PARA
OBTENER CONFORT LUMÍNICO Y AHORRO DE ENERGÍA EN
EDIFICIOS DE OFICINAS**

Johanna Isabel Apolo Díaz

Tesis para optar por el grado de Maestría en Diseño
Línea de Investigación: Arquitectura Bioclimática en Confort Lumínico

Miembros del Jurado:

Dr. José Roberto García Chávez

Director de tesis

Dr. Ricardo Aguayo González

Mtro. Alejandro Díaz Báez

Dr. Luis Fernando Guerrero Baca

Dra. Katerina Tsulobaki

México DF
Abril 2013



DEDICATORIAS.

A mis padres por todo lo recibido.

AGRADECIMIENTOS.

Al Dr. José Roberto García Chávez por su tiempo.

A mi familia en México por todo su apoyo: Ernesto, Laura, Alejandro, Tania, Alberto, Gloria,
Yoshiaki, Paúl, Carmen, Alexa y Cecilia.



RESUMEN.

Para la mayoría de climas y tipos de edificios la luz natural puede ser una respuesta para el ahorro de energía. Tipologías como edificios de oficinas, escuelas e industrias consumen el 50% del total de su energía en iluminación. Además hay más de 3000 horas en el turno diurno de las 8760 que contiene un año. Por consecuencia, una gran proporción de la carga energética puede ser eliminada con el uso de luz solar.

La manera habitual de admitir luz natural dentro del espacio es a través de aberturas en los muros, solución idónea en áreas pequeñas, sin embargo en espacios profundos este recurso se vuelve insuficiente y se requieren otros sistemas que mejoren estas condiciones.

En este trabajo se analizaron diferentes estrategias innovadoras de alta eficiencia para el aprovechamiento de la luz natural que fueron seleccionadas, en base a la investigación realizada en el marco teórico y el estado del arte, como las más apropiadas para el caso de estudio. Las estrategias evaluadas fueron: repisa de luz con terminado especular reflectancia 97%, repisa de luz con terminado blanco reflectancia 87%, anidólico con terminado especular reflectancia 97% y anidólico con lente Fresnel. La metodología desarrollada fue experimental y tuvo como variable dependiente las condiciones de luz al interior del espacio y como variables independientes los sistemas a evaluar y las condiciones de iluminación exterior. Las variables manipuladas fueron las independientes.

Los resultados registrados indican que la estrategia que presentó mejor comportamiento lumínico fue ***anidólico con terminado especular***. La implementación de este sistema en edificios de oficinas obtendría beneficios económicos, ambientales y de salud para los usuarios.

PALABRAS CLAVE: Iluminación, alta eficiencia, confort lumínico.



ABSTRACT.

Natural light is a viable way to save energy for most climates and building typologies. Office buildings, schools and industries consume 50% of its total energy in lighting. In addition, there are more than 3000 hours in the day shift of 8760 that contains a year. Consequently, a large proportion of the energy load may be eliminated with the use of sunlight.

The usual way to allow natural light into the space is through openings, great solution for small areas, but this resource in deep space becomes insufficient and the use of new systems is important in order to improve these conditions.

There were analyzed different innovative daylighting systems. These systems were selected based on the research done for the state of the art. The strategies were: specular light shelf, white light shelf, specular anidolic and anidolic with Fresnel lens. The methodology was experimental and had as dependent variable lighting conditions inside the space and as independent variables the different daylighting systems and the outdoor lighting conditions.

The results indicated that the best strategy was specular anidolic. The implementation of this system in office buildings can obtain economic, environmental and health benefits.

KEY WORDS: Lighting, high efficiency, light comfort.



ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	22
Introducción.....	22
1.1 Antecedentes.	22
1.2 Planteamiento.....	25
1.3 Objetivo general.	25
1.3.1 Objetivo específico.	25
1.4 Hipótesis.	25
CAPÍTULO 2	27
2.1 Situación energética actual a nivel global.....	27
2.1.1 Reservas de petróleo.....	29
2.1.2 Energía primaria y su consumo en el mundo.....	29
2.1.3 Patrón de consumo regional.	30
2.1.4 Los 10 primeros países en consumo de energía.	32
2.2 Situación energética actual en México.	33
2.2.1 Consumo nacional de energía.	35
2.2.2 Consumo de energía por sectores.	37
2.2.3 Consumo de energía per cápita.....	39
2.2.4 Emisiones de gases de efecto invernadero del sector.	40
2.3 Consecuencias medioambientales del consumo de la energía convencional.....	43
CAPÍTULO 3	53
3.1 Antecedentes históricos.....	53
3.1.1 Egipto.....	54
3.1.1.1 Templo de Karnak.....	54
3.1.2 Grecia.....	55
3.1.2.1 Templo de Atenea Niké.....	56
3.1.3 Roma.....	57
3.1.3.1 Panteón.....	57



3.1.4 Arquitectura Bizantina.....	58
3.1.5 Románico.....	58
3.1.6 Gótico.....	59
3.1.7 Renacimiento.....	60
3.1.8 La Revolución Industrial.....	62
3.1.8.1 Villa Savoye.....	64
3.2 La luz.....	64
3.2.1 Espectro electromagnético.....	64
3.3 Fuentes de luz natural.....	65
3.3.1 Luz directa.....	66
3.3.2 Luz indirecta.....	66
3.3.3 Luz difusa.....	66
3.4 Parámetros lumínicos.....	66
3.4.1 Intensidad luminosa.....	66
3.4.2 Luminancia.....	67
3.4.3 Flujo luminoso.....	68
3.4.4 Iluminancia.....	69
3.4.5 Luminosidad.....	70
3.4.6 Tabla de resumen.....	70
3.4.7 El color de la luz.....	71
3.4.8 Temperatura de color.....	71
3.4.9 Reflectancia, absortancia y transmitancia.....	73
3.5 Confort lumínico.....	74
3.6 Productividad y confort en edificios de oficinas.....	75
3.7 Niveles de iluminación recomendados por estándares nacionales e internacionales.....	76
3.7.1 Normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones del Distrito Federal.....	77
3.7.2 Normas de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social.....	77
3.7.3 Normas Internacionales.....	78
3.8 Métodos de predicción de iluminación para evaluación.....	80
3.9 Sistemas innovadores de iluminación.....	80
3.9.1 Ductos solares.....	80
3.9.2 Repisas de luz.....	81
3.9.3 Sistemas de seguimiento solar.....	82
3.9.4 Fibra óptica.....	83



3.9.5 Helióstatos.....	83
3.9.6 Concentradores solares.....	84
3.9.7 Anidólicos.....	85
3.10 Conclusiones.....	86

CAPÍTULO 4..... 90

4.1 Introducción.....	90
4.2 Objetivo.....	90
4.3 Metodología.....	90
4.3.1 Palabras clave.....	90
4.3.2 Fuentes consultadas.....	91
4.4 Búsqueda I.....	91
4.4.1 Control of visual conditions for open-plan offices.....	93
4.4.2 Illuminance-based slat angle selection model for automated control of split blinds.....	94
4.4.3 An analysis of daylighting performance for office buildings in Hong Kong.....	94
4.5 Búsqueda II.....	95
4.5.1 Performance of anidolic daylighting systems in tropical climates.....	97
4.5.2 Visual discomfort and glare rating assessment of integrated daylighting and electric lighting systems using hdr imaging techniques.....	97
4.5.3 Anidolic daylighting systems.....	98
4.6 Fuentes más importantes.....	98
4.7 Factores a considerar.....	99
4.8 Resultados.....	99
4.9 Evaluaciones en modelos a escala.....	100
4.9.1 Introducción.....	100
4.9.2 Elaboración del dispositivo experimental.....	101
4.9.3 Mediciones en cielo real y cielo artificial.....	102
4.9.4 Mediciones.....	103
4.9.5 Presentación de resultados.....	104



CAPÍTULO 5.....	105
5.1 Tipos de cielo.	107
5.1.1 Cielo despejado, abierto o claro.	107
5.1.2 Cielo parcialmente despejado.	108
5.1.3 Cielo cubierto.....	108
5.2 Condiciones lumínicas en la ciudad de México.	108
5.2.1 Nubosidad.	108
5.2.2 Radiación.	111
5.2.3 Insolación.	112
5.3 Descripción general del caso de estudio	113
5.3.1 Descripción de fachadas.	115
5.3.2 Descripción del espacio interior.....	116
5.3.3 Obstrucciones en el edificio.	118
5.3.4 Dimensiones.	122
5.3.5 Estructura y materiales.	126
5.4 Metodología experimental.....	127
5.5 Descripción del experimento.	128
5.6 Descripción del dispositivo experimental	130
5.7 Descripción de los equipos de medición.....	132
5.8 Monitoreo.	133
5.9 Diagnóstico.....	135
5.10 Interpretación de resultados sin estrategias.	138
5.10.1 Validación de modelo a escala.....	170
5.10.2 Descripción de las estrategias.....	171
5.11 Interpretación de resultados con estrategias.	176
5.11 Tablas comparativas resumen.	235
Conclusiones.....	257
Recomendaciones.....	263
Bibliografía	264
Curriculum vitae	266



ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Reservas de petróleo en el mundo
- Figura 2.** Energía primaria y su consumo en el mundo
- Figura 3.** Patrón de consumo de energía
- Figura 4.** Consumo de energía en el mundo
- Figura 5.** Distribución porcentual de consumo de energía por región
- Figura 6.** Consumo nacional de energía 2009, en petajoules
- Figura 7.** Consumo final energético por sector y energético 2009
- Figura 8.** Consumo de energía del sector transporte 2009
- Figura 9.** Consumo de energía per cápita, GJ por habitante
- Figura 10.** Evolución del consumo nacional de energía y las emisiones de CO₂ equivalentes del sector energético
- Figura 11.** Estructura de las emisiones de CO₂ del sector energético
- Figura 12.** Estructura de las emisiones de CO₂ del sector energético por tipo de energético
- Figura 13.** Emisiones de CO₂ por el uso de combustibles fósiles en México y proyección de consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica 2005-2015.
- Figura 14.** Emisiones históricas de carbono de la quema de combustibles fósiles, 1900-1999.
- Figura 15.** Consecuencias de la contaminación
- Figura 16.** Plano del Templo de Karnak
- Figura 17.** Templo de Atenea Niké
- Figura 18.** Panteón Romano
- Figura 19.** Monasterio de Hodegitria de Mystra, Grecia
- Figura 20.** Planta de San Michele. Pavia, Italia
- Figura 21.** Sección de San Michele. Pavia, Italia
- Figura 22.** Sección y Planta de la Catedral de Notre Dame de París
- Figura 23.** Sección de Basílica de San Pedro, Roma. Aperturas escondidas de iluminación
- Figura 24.** Planta de San Lorenzo, Turín. Paredes esculpidas.
- Figura 25.** Villa Savoye
-



Figura 26. Espectro electromagnético y longitudes de onda

Figura 27. Se muestra la variación de la luz natural que ingresa desde la ventana de una casa debido a las variaciones estacionales. Figura tomada de (Pattini, 2006)

Figura 28. Intensidad luminosa

Figura 29. Luminancia

Figura 30. Flujo luminoso

Figura 31. Iluminancia

Figura 32. Luminosidad

Figura 33. Luz blanca en un espacio

Figura 34. Temperaturas de color en la escala Kelvin

Figura 35. Ductos solares

Figura 36. Repisa de luz

Figura 37. Reflectores

Figura 38. Fibra óptica

Figura 39. Helióstatos y torre receptora

Figura 40. Concentradores solares

Figura 41. Anidólico

Figura 42. Modelo a escala para iluminación

Figura 43. Simulación de diferentes reflectancias e iluminación

Figura 44. Heliodón y reloj de sol en pruebas al exterior

Figura 45. Cielo artificial espejado

Figura 46. Luxómetro con rango de sensibilidad de 1 a 100.000 lux

Figura 47. Planta con curvas Iso-Lux

Figura 48. Distribución de luminancia de un cielo claro

Figura 49. Distribución de luminancia del cielo nublado

Figura 50. Porcentajes Mensuales de Nubosidad en la Ciudad de México. Normales Climatológicas Del Observatorio Nacional Periodo 1971-2000

Figura 51. Promedio de Radiación Solar Diaria en la Ciudad de México. Almanza, 1992

Figura 52. Horas de Insolación en la Ciudad de México. Normales Climatológicas Del Observatorio Nacional Periodo 1971-2000



Figura 53. Ubicación de Rectoría General

Figura 54. Distribución de Rectoría General

Figura 55. Fachada principal

Figura 56. Fachada Posterior

Figura 57. Circulación Vertical

Figuras 58 y 59. Contraste entre zonas iluminadas y puestos de trabajo de terminado color caoba

Figuras 60 y 61. Recepción

Figura 62. Sala de espera y puestos de trabajo

Figura 63. Separaciones a media altura

Figura 64. Separaciones piso techo

Figura 65. Obstrucciones urbanas

Figuras 66. Celosías de concreto en el Ingreso Principal de Rectoría General

Figura 67. Fachada principal de Rectoría General

Figuras 68. Cubierta de Policarbonato en el Ingreso Principal de Rectoría General

Figura 69. Corte a-a' donde se aprecia la cubierta que protege el patio interior

Figura 70. Planta de quinto piso y cubierta

Figura 71. Plano General de Rectoría, ubicando la zona del caso de estudio en negro sólido

Figura 72. Plano General del Cuarto piso de Rectoría

Figura 73. Plano General del Edificio A Cuarto piso, ubicando la zona del caso de estudio en un círculo

Figura 74. Corte por fachada oeste de Rectoría General

Figura 75. Corte por fachada este de Rectoría General

Figura 76. Dispositivo experimental

Figura 77. Luxómetro rango 0 a 50,000 lux Steren HER-410

Figura 78. Puntos de medición

Figura 79. Oficina ubicada en el punto E1

Figura 80. Oficina ubicada en el punto G2

Figura 81. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO



Figura 82. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Figura 83. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO 8hrs.

Figura 84. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO 10hrs.

Figura 85. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO 12hrs.

Figura 86. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO 14hrs.

Figura 87. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO 16hrs.

Figura 88. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO 16hrs.

Figura 89. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Figura 90. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional sin estrategias. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Figura 91. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS 8hrs.

Figura 92. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS 10hrs.

Figura 93. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS 12hrs.

Figura 94. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS 14hrs.

Figura 95. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS 16hrs.

Figura 96. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS 18hrs.

Figura 97. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Figura 98. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional sin estrategias. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.



Figura 99. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO 8hrs.

Figura 100. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO 10hrs.

Figura 101. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO 12hrs.

Figura 102. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO 12hrs.

Figura 103. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO 14hrs.

Figura 104. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO 16hrs.

Figura 105. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS 18hrs.

Figura 106. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Figura 107. Porcentaje de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Figura 108. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS

Figura 109. Porcentaje de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Figura 110. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Figura 111. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Figura 112. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Figura 113. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.



Figura 114. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Figura 115. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS

Figura 116. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Figura 117. Porcentajes de Factor de Día. Modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Figura 118. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Figura 119. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Figura 120. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Figura 121. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Figura 122. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Figura 123. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Figura 124. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Figura 125. Porcentaje de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO

Figura 126. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Figura 127. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.



Figura 128. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Figura 129. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.



ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones Del Distrito Federal
- Tabla 2.** NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008. Secretaría del Trabajo y Previsión Social
- Tabla 3.** Los 10 primeros en consumo de energía
- Tabla 5.** Consumo Nacional de Energía
- Tabla 6.** Consumo de energía en el sector transporte
- Tabla 7.** Emisiones de CO₂ por MWh de acuerdo a uso de combustible
- Tabla 8.** Relaciones entre consumo de energía y CO₂ emitido
- Tabla 9.** Resumen de parámetros luminosos y sus unidades
- Tabla 10.** Temperaturas de color en fuentes luminosas artificiales
- Tabla 11.** Temperaturas de color en fuentes luminosas naturales
- Tabla 12.** Temperaturas de color en fuentes luminosas naturales
- Tabla 13.** Requisitos Mínimos de Iluminación Artificial. Elaboración propia
- Tabla 14.** Niveles de Iluminación. Elaboración propia
- Tabla 15.** Niveles Recomendados de Iluminación a nivel internacional. Elaboración propia con datos de (Pattini, 2000)
- Tabla 16.** Resumen de Sistemas Innovadores de Iluminación. Elaboración propia
- Tabla 17.** Palabras Clave. Elaboración propia
- Tabla 18.** Autores, Países y Años con más publicaciones en búsqueda I. Elaboración propia
- Tabla 19.** Resultados I. Elaboración propia
- Tabla 20.** Autores, Países y Años con más publicaciones en búsqueda II. Elaboración propia
- Tabla 21.** Resultados II. Elaboración propia
- Tabla 22.** Artículos escogidos. Elaboración propia
- Tabla 23.** Tipos de cielo, tabla basada en los tipos de cielo descritos por (Viqueira, 2011)
- Tabla 24.** Parámetros de Nubosidad de la Ciudad de México. Normales Climatológicas Del Observatorio Nacional Periodo 1971-2000
- Tabla 25.** Porcentajes Mensuales de Nubosidad en la Ciudad de México. Normales Climatológicas Del Observatorio Nacional Periodo 1971-2000
-



Tabla 26. Resumen de Porcentajes Mensuales de Nubosidad en la Cuidad de México. Fuente: Normales Climatológicas Del Observatorio Nacional Periodo 1971-2000

Tabla 27. Promedio de Radiación Solar Diaria en la Cuidad de México. Almanza, 1992.

Tabla 28. Horas de Insolación en la Cuidad de México. Normales Climatológicas Del Observatorio Nacional Periodo 1971-2000.

Tabla 29. Descripción del experimento.

Tabla 30. Reconocimiento de las condiciones de iluminación. Datos en base a (Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, 2008)

Tabla 31. Niveles de iluminancia interior. Elaborado en base de la hoja de cálculo desarrollada Arq. Julio Rincón.

Tabla 32. Factor de día. Elaborado en base de la hoja de cálculo desarrollada Arq. Julio Rincón.

Tabla 33. Niveles de Iluminancia en ciertos colores.

Tabla 34. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO

Tabla 35. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Tabla 36. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Tabla 37. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional sin estrategias. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Tabla 38. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Tabla 39. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional sin estrategias. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Tabla 40. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Tablas 41. Porcentaje de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Tabla 42. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Tabla 43. Porcentaje de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.



Tabla 44. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Tabla 45. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Tabla 46. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Tabla 47. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Tabla 48. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Tabla 49. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Tabla 50. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Tabla 51. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Tabla 52. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Tabla 53. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Tabla 54. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Tabla 55. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Tabla 56. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Tabla 57. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.



Tabla 58. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Tabla 59. Porcentaje de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Tabla 60. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Tabla 61. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Tabla 62. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Tabla 63. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Tabla 64. Tabla comparativa de Niveles de Iluminancia entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de junio. VERANO. Cielo despejado.

Tabla 65. Tabla comparativa de Niveles de Iluminancia 3D entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de junio. VERANO. Cielo despejado.

Tabla 66. Tabla comparativa de Gradiente de Distribución Lumínica entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de junio. VERANO. Cielo despejado.

Tabla 67. Tabla comparativa de Factor de Día entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de junio. VERANO. Cielo despejado.

Tabla 68. Tabla comparativa de Niveles de Iluminancia entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de marzo y 21 de diciembre. EQUINOCCIOS. Cielo despejado.

Tabla 69. Tabla comparativa de Niveles de Iluminancia 3D entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de marzo y 21 de diciembre. EQUINOCCIOS. Cielo despejado.

Tabla 70. Tabla comparativa de Gradiente de Distribución Lumínica entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de marzo y 21 de septiembre. EQUINOCCIOS. Cielo despejado.

Tabla 71. Tabla comparativa de Factor de Día entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de marzo y 21 de septiembre. EQUINOCCIOS. Cielo despejado.

Tabla 72. Tabla comparativa de Niveles de Iluminancia entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de diciembre. INVIERNO. Cielo despejado.

Tabla 73. Tabla comparativa de Niveles de Iluminancia 3D entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de diciembre. INVIERNO. Cielo despejado.

Tabla 74. Tabla comparativa de Gradiente de Distribución Lumínica entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de diciembre. INVIERNO. Cielo despejado.



Tabla 75. Tabla comparativa de Factor de Día entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de diciembre. INVIERNO. Cielo despejado.

Tabla 76. Tabla comparativa de Monitoreo en Cielo Artificial entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e)

Tabla 77. Tabla comparativa entre Niveles de Iluminancia y Factor de Día en Fila A entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) Cielo despejado.

Tabla 78. Tabla comparativa entre Niveles de Iluminancia y Factor de Día en Fila B entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) Cielo despejado.

Tabla 79. Tabla comparativa entre Niveles de Iluminancia y Factor de Día en Fila C entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) Cielo despejado.

Tabla 80. Tabla comparativa entre Niveles de Iluminancia y Factor de Día en Fila D entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) Cielo despejado.

Tabla 81. Tabla comparativa entre Niveles de Iluminancia y Factor de Día en Fila E entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) Cielo despejado.

Tabla 82. Tabla comparativa entre Niveles de Iluminancia y Factor de Día en Fila F entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) Cielo despejado.

Tabla 83. Tabla comparativa entre Niveles de Iluminancia y Factor de Día en Fila G entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) Cielo despejado.

Tabla 84. Tabla comparativa entre Niveles de Iluminancia y Factor de Día en Filas A,B,C,D,E,F,G entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) cielo artificial.

Tabla 85. Tabla comparativa de estrategias evaluadas.



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

- Introducción
- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Planteamiento
- 1.3 Objetivo general
- 1.3.1 Objetivo específico
- 1.4 Hipótesis



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES.

La historia humana está estrechamente ligada a la evolución del uso de la energía. Desde el descubrimiento del fuego en la prehistoria el hombre ha buscado continuamente formas de producción de energía para distintas aplicaciones prácticas.

A raíz de la revolución industrial y con el gran crecimiento poblacional y económico, ascendió la necesidad de producir energía para satisfacer las necesidades diarias; estas formas de producción son, en su mayoría, fuentes no renovables explotables tecnológicamente que comprometen el hábitat contaminando tierra, agua y aire. Nuestro modo de vida se vio afectado por la ilusión de energía infinita y nuestros patrones de consumo se elevaron exponencialmente creando una dependencia extrema a los combustibles fósiles.

El consumo final de energía, en la República Mexicana, se distribuye en varios grandes sectores y uno de los consumidores más representativos de energía es el residencial.

La luz eléctrica representó un avance muy importante en los últimos tiempos, a raíz de esto el alumbrado artificial transformó la duración y distribución horaria de las actividades de toda la población, los procesos industriales, el transporte y las telecomunicaciones pero su uso irracional resulta preocupante. Con estos patrones de uso de energía creamos una dependencia a los sistemas mecánicos y eléctricos para controlar nuestras condiciones al interior de los espacios, dejando de lado y sólo como un complemento la luz natural. En América Latina, el consumo de electricidad en iluminación del sector residencial oscila entre 25 y 40 %.

En la actualidad resulta incongruente que en el horario laboral diurno, miles de oficinas y centros de educación, utilicen la iluminación artificial y no la natural. Debido a la creciente necesidad de ahorro de energía eléctrica, la iluminación natural cobra cada vez mayor importancia en el diseño de espacios.



Se quiere probar que con estrategias lumínicas adecuadas en espacios administrativos, en gran parte del país se podría prescindir del uso de luz artificial en horarios laborales normales, sin necesidad de recurrir a modificaciones horarias o comprometer el confort lumínico de sus ocupantes.

Para lo cual en la actualidad existen varios estudios y dispositivos lumínicos para el aprovechamiento de la iluminación natural, como ductos solares; persianas y celosías especulares o difusas; anidólicos; lentes Fresnel y repisas de luz. Cada uno de estos responde de diferente manera a características de conformación de espacios determinados. No es lo mismo implementarlos en proyectos de casa habitación donde los espacios son reducidos a hacerlo en edificios de grandes plantas libres donde la necesidad de dirigir el flujo luminoso a mayores distancias y mantener un buen nivel de iluminación para tareas determinadas es crucial.

El confort lumínico es indispensable para realizar tareas específicas y está relacionado con los niveles de iluminación de cada espacio. Existen organismos que determinan estos niveles, en el caso del Distrito Federal podemos rescatar dos normas importantes: Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones Del Distrito Federal y la NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008 de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social. Estas estipulan:

TIPO DE EDIFICACIÓN	Local	Nivel de Iluminación
Oficinas privadas y públicas	Cuando sea preciso apreciar detalles toscos o burdos	200 luxes
	Medianos	300 luxes
	Muy finos	500 luxes

Tabla 1. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones Del Distrito Federal.

Tarea Visual del Puesto de Trabajo.	Área de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas	300

medio en banco y máquina, inspección simple, empaquetado y trabajos de oficina		
---	--	--

Tabla 2. NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008. Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

Se propone investigar las características de los sistemas lumínicos que aprovechan la luz natural actualmente desarrollados y comparar tres a través de experimentos científicos en un modelo tipo de oficinas bajo condiciones específicas para determinar el más eficaz al lograr condiciones óptimas de iluminación y ahorro de energía en dicho inmueble.

Dentro de los sistemas innovadores de alta eficiencia contemplados podemos nombrar:

- Ductos solares.
- Repisas de luz.
- Sistemas de seguimiento solar.
- Fibra óptica.
- Lentes cóncavos y convexos.
- Especulares.
- Helióstatos.
- Concentradores solares.
- Anidólicos.

El uso apropiado de estos dispositivos ayudaría a la disminución en el consumo de energía eléctrica en edificios con uso primordialmente diurno.

Se propone comparar y determinar cuál de los sistemas lumínicos propuestos presenta mayor eficiencia lumínica en condiciones espaciales y climáticas específicas para ayudar a la reducción gradual del consumo energético y por ende de costos en edificios de oficinas durante el día. Esto ayudará a reducir emisiones de CO₂ a la atmósfera con cada kilowatt hora no consumido.



1.2 PLANTEAMIENTO.

En la actualidad la producción de energía se logra principalmente a través de fuentes no renovables explotables tecnológicamente: carbón, centrales nucleares, gas natural, petróleo y energía atómica. Estos modos de producción significan contaminación y alteraciones en nuestro planeta.

En el último siglo la producción de energías se disparó y el consumo irracional de éstas se ha convertido en nuestra forma de vida. En la ciudad de México es común observar en edificios de oficinas públicas y privadas con horario laboral diurno y condiciones de cielo despejado, el uso de iluminación artificial para realizar sus actividades. Esto incrementa innecesariamente el consumo de energía y la emisión de CO₂ a la atmósfera aumentando el deterioro ambiental y el calentamiento global.

1.3 OBJETIVO GENERAL.

Determinar a través de la experimentación el comportamiento de sistemas lumínicos de alta eficiencia en un modelo de oficinas con el fin de establecer el de mayor eficiencia lumínica.

1.3.1 OBJETIVO ESPECÍFICO.

- Determinar a través de investigación bibliográfica las características de 5 sistemas lumínicos de alta eficiencia existentes en el mercado para escoger 3 de estos y evaluarlos.
- Evaluar de forma cuantitativa 3 sistemas lumínicos para determinar el de mayor eficiencia lumínica en un modelo de oficinas determinado con condiciones específicas.

1.4 HIPÓTESIS.

Con la implementación del correcto sistema lumínico para aprovechamiento de la luz natural se pueden lograr niveles de iluminación óptima recomendados por la normativa en edificios de oficinas con patrones de uso diurno y características de plantas libres bajo condiciones de cielo despejado y nublado en la ciudad de México, generando confort lumínico y ahorro de energía y por consiguiente la disminución de emisiones de CO₂ a la atmósfera.



CAPÍTULO 2

SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENERGÍA A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

- 2.1 Situación energética actual a nivel global
 - 2.1.1 Reservas de petróleo
 - 2.1.2 Energía primaria y su consumo en el mundo
 - 2.1.3 Patrón de consumo regional
 - 2.1.4 Los 10 primeros países en consumo de energía
- 2.2 Situación energética actual en México
 - 2.2.1 Consumo nacional de energía
 - 2.2.2 Consumo de energía por sectores
 - 2.2.3 Consumo de energía per cápita
 - 2.2.4 Emisiones de gases de efecto invernadero del sector
- 2.3 Consecuencias medioambientales del consumo de la energía convencional

CAPÍTULO 2

SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENERGÍA A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL E IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE.

2.1 SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL A NIVEL GLOBAL.

REVISIÓN ESTADÍSTICA DE LA ENERGÍA MUNDIAL 2010 (STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY 2011)

El BP Statistical Review of World Energy 2010¹ analiza la evolución del mercado energético durante los últimos años, aportando una visión de la situación actual y dando respuestas a los interrogantes energéticos del momento. (BP, 2011)

Podemos destacar del presente informe 2010 los siguientes puntos:

- China ha superado a Estados Unidos como mayor consumidor mundial de energía.
- La demanda de todas las formas de energía creció considerablemente en 2010. El consumo total de energía superó el pico alcanzado antes de la recesión en 2008.
- El incremento del consumo de combustibles fósiles hizo que las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂) generadas por el uso de energía crecieran al ritmo más rápido desde 1969.
- Los precios del crudo se mantuvieron entre los 70 y los 80 dólares durante la mayor parte del año y subieron en el cuarto trimestre. El precio medio del crudo para el año en su conjunto fue el segundo más alto que consta en nuestros registros.
- La revolución del gas de pizarra en Estados Unidos y los grandes cambios en los mercados de GNL están remodelando el mundo del gas natural.
- La generación de energía eléctrica a través de energías renovables –incluyendo eólica, solar, geotérmica y biomasa- creció un 15,5%, que en su mayor parte procede de los países de la OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico) aunque la producción de electricidad a partir de energías renovables en China (que no es parte de la OCDE)

¹ Las estadísticas e información se reportan hasta este año en virtud de contar como último BP Statistical Review of World Energy con el del 2010 en el momento en que se comenzó a realizar la presente investigación (Octubre de 2011).



creció un 75%, que representa el segundo incremento más grande tras el de Estados Unidos.

La energía renovable comercial - creció en 5.6% en 2010, el aumento más grande en términos de porcentaje desde 1973. El consumo en países de la OCDE creció por 3.5%, la tarifa de crecimiento más fuerte desde 1984. El consumo no perteneciente a la OCDE creció en 7.5%. El crecimiento del consumo energético se aceleró en 2010 para todas las regiones. El consumo de energía en China creció en 11.2%, y China sobrepasó los E.E.U.U. como el consumidor más grande de la energía del mundo. El petróleo sigue siendo el combustible principal del mundo, con un 33.6% de consumo de energía global.

- Consumo de la energía global; el crecimiento más fuerte desde 1973: **+5.6%**
- Consumo de energía de China a nivel global: **20.3%**

PETRÓLEO

- Crecimiento en el consumo de petróleo global; el más débil entre los combustibles fósiles: **+3.1%**

GAS NATURAL

- Crecimiento del consumo del gas natural; el más fuerte desde 1984: **+7.4%**

OTROS COMBUSTIBLES

- Consumo del carbón; el más alto desde 1970: **29.6%**
- Energías renovables: **1.8%**
- Porcentaje de consumo de carbón Chino a nivel global: **48.2%**

2.1.1 RESERVAS DE PETRÓLEO.

Para el año 2010 el planeta cuenta con reservas de petróleo suficientes para resolver 46.2 años de producción global, abajo levemente del cociente de 2009 R/P debido a un aumento grande en la producción del mundo, las reservas probadas globales se elevaron levemente el año pasado (BP, 2011). Un aumento en la estimación oficial venezolana de sus reservas condujo al cociente de R/T de América latina a 93.9 años, el más grande en el mundo, sobrepasando al Oriente Medio (figura 1).

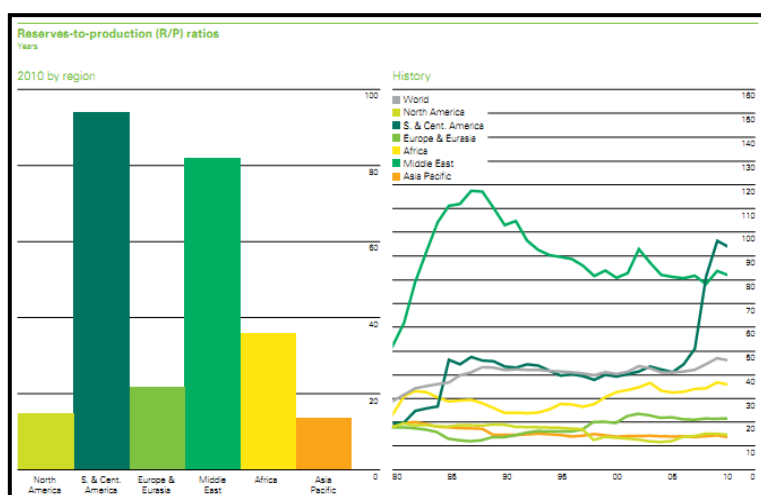


Figura 1. Reservas de petróleo en el mundo. (BP, 2011)

2.1.2 ENERGÍA PRIMARIA Y SU CONSUMO EN EL MUNDO.

El consumo de energía primaria del mundo creció en 5.6% en 2010, el crecimiento más fuerte desde 1973 (figura 2). El crecimiento está sobre el promedio para el petróleo, gas natural, carbón, nuclear, hidroelectricidad, así como para energías renovables en la producción de energía. El petróleo sigue siendo el combustible dominante (33.6% del total global) pero ha perdido porcentaje por 11 años consecutivos. El porcentaje de carbón en el consumo de la energía total continúa levantándose, y el porcentaje del gas natural fue la más alta en expediente.

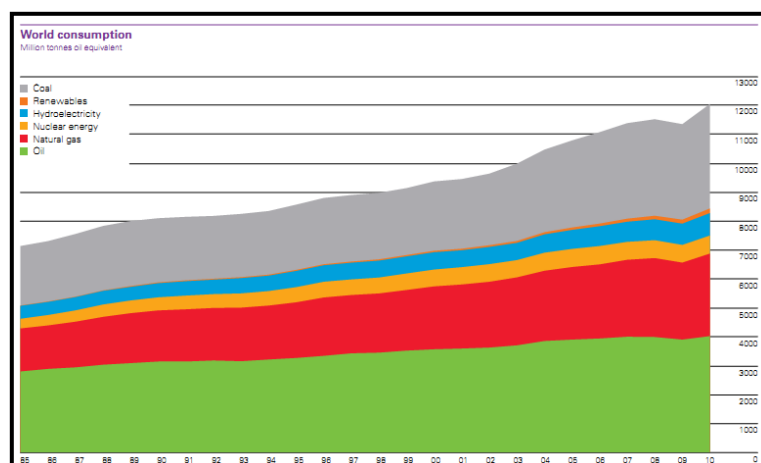


Figura 2. Energía primaria y su consumo en el mundo. (BP, 2011)

2.1.3 PATRÓN DE CONSUMO REGIONAL.

La región de Asia continúa consumiendo la mayor parte de la energía global, representando el 38.1% del total del mundo y el 67.1% del consumo global del carbón (figura 3). Dentro de los países de Asia, el carbón es el combustible dominante, representando el 52.1% en consumo de energía. El petróleo es el combustible dominante para el resto de las regiones excepto Europa y Eurasia, donde el gas natural es el combustible principal. Los países de Asia son también los principales usuarios del petróleo y de la generación hidroeléctrica. Europa y Eurasia son los principales consumidores de gas natural, de la energía atómica, y de las energías renovables en la producción de energía.

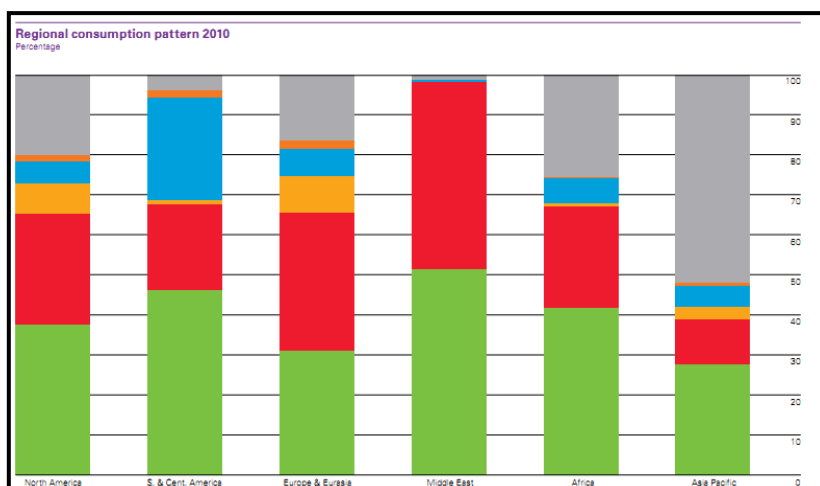


Figura 3. Patrón de consumo de energía. (BP, 2011)

Para el año 2010, el consumo mundial de energía fue de 241 millones de barriles diarios de petróleo equivalente (MMBDPE), 13 MMBDPE más que lo consumido en el año 2009 (figura 4). La participación de las energías primarias en la satisfacción de la matriz energética es como sigue: 33.5 % (80.7 MMBDPE) corresponde al petróleo; 23.8 % (57.4 MMBDPE) al gas natural, 29.6 % (71.3 MMBDPE) al carbón, 5.2 % (12.5 MMBDPE) a nuclear, 6.4 % (15.4 MMBDPE) a hidroelectricidad y 1.5 % (3.6 MMBDPE) a las energías renovables alternativas.

Al comparar la participación del petróleo en el año 2010 con los 3 años anteriores, se observa una disminución porcentual. El resto de las energías presentan poca variación.

A continuación se presentan datos comparativos de los volúmenes de 2007 con respecto a las de 2010:

- El consumo de petróleo pasó de 79.2 MMBDPE a 80.7, es decir, un aumento de 1.5 MMBDPE, equivalente a 0.63 % de crecimiento anual.
- El gas pasó de 53.3 MMBDPE a 57.4, es decir, un aumento de 4.1 MMBDPE, equivalente a un crecimiento anual de 2.5 %.
- El carbón pasó de 64.2 MMBDPE a 71.3, que corresponde a un aumento de 7.1 MMBDPE, equivalente a un aumento interanual del 3.56 %.
- La nuclear no presenta variación durante el periodo.
- La hidroelectricidad paso de 11.6 MMBDPE a 15.4, es decir, un crecimiento de 3.8 MMBDPE, correspondiéndole un crecimiento interanual del 9.9 %.

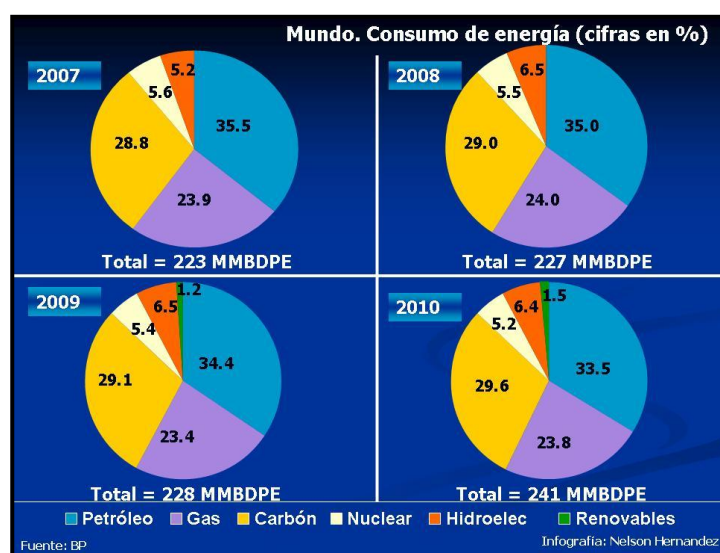


Figura 4. Consumo de energía en el mundo. (BP, 2011)



2.1.4 LOS 10 PRIMEROS PAÍSES EN CONSUMO DE ENERGÍA.

Para el año 2010, el consumo mundial de energía totalizó en 12,002 millones de toneladas de petróleo equivalente (MMTPE) (241 millones de barriles diarios de petróleo equivalente (MMBDPE)). Los 10 primeros consumidores representan el 65% del consumo mundial de energía, es decir, 157.2 MMBDPE (tabla 3).

El grupo de los 10 lo lidera China con 20.3% (48.9 MMBDPE) del total mundial. Cabe destacar que China desplazó en el 2010 a Estados Unidos como primer consumidor mundial de energía, al consumir 3.0 MMBDPE más.

China basa su consumo energético en el carbón, representado el 70.45% (34.4 MMBDPE) de su matriz energética. Mientras que Estados Unidos es el mayor consumidor de petróleo con 17.1 MMBDPE.

El gas natural representa la energía más utilizada en Rusia, con una participación del 53.95% (7.5 MMBDPE) dentro de su matriz energética. Sin embargo, el mayor consumidor de gas son los Estados Unidos con 12.5 MMBDPE.

La matriz energética en Francia la lidera la energía nuclear con el 38.4% (1.9 MMBDPE) de su consumo total. Sin embargo, Estados Unidos es quien más utiliza esta fuente energética con 3.9 MMBDPE.

En lo concerniente a las energías renovables (solar, eólica, biocombustibles, etc.) Estados Unidos consume el 25% (0.8 MMBDPE) del total mundial.

El mayor uso de la hidroelectricidad lo tiene China con el 21% (3.3 MMBDPE) del total mundial.

Los 10 primeros en consumo de energía (2010)

	%						MMTPE
	Petróleo	Gas	Carbón	Nuclear	Hidro.	Renov.	Total
China	17,62	4,03	70,45	0,69	6,71	0,50	2432
Estados Unidos	37,19	27,17	22,95	8,41	2,57	1,71	2286
Rusia	21,36	53,95	13,58	5,58	5,51	0,02	691
India	29,66	10,63	52,95	1,00	4,81	0,96	524
Japón	40,25	16,98	24,70	13,21	3,84	1,02	501
Alemania	36,03	22,90	23,95	9,95	1,35	5,81	319
Canadá	32,31	26,67	7,39	6,41	26,17	1,06	317
Sur Corea	41,41	15,14	29,81	13,12	0,33	0,18	255
Brazil	46,06	9,38	4,89	1,29	35,29	3,09	254
Francia	33,05	16,71	4,81	38,40	5,68	1,35	252
Resto del mundo	41,27	32,68	14,91	2,91	6,69	1,52	4171
Mundo	33,56	23,81	29,63	5,22	6,46	1,32	12002

Fuente: BP
Infografía: Nelson Hernandez

Tabla 3. Los 10 primeros en consumo de energía. (BP, 2011)

2.2 SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL EN MÉXICO.

En 2009² la producción de energía primaria concluyó en 9,852.9 petajoules (PJ). Los hidrocarburos continúan siendo la principal fuente de energía primaria producida en México, con una aportación de 90.5% al total del consumo energético. El porcentaje de energía producida a partir de fuentes renovables representa sólo el 6.2%, la energía nuclear aporta 1.1% y el carbón mineral 2.2% (SE, 2010).

México continúa siendo un exportador neto de energía primaria al llegar a exportar 2,868.7 PJ en 2009, prácticamente el total (99.9%) correspondió a las exportaciones de petróleo crudo. En cuanto a la energía secundaria, las exportaciones sumaron 578.4 PJ, siendo las gasolinas, naftas y el combustóleo los principales productos en el rubro.

La intensidad energética de la economía en su conjunto (cantidad de energía necesaria para producir un peso de PIB) fue 988.2 KJ por peso de PIB producido, resultado de la caída más pronunciada del PIB respecto a la del consumo nacional de energía. El consumo per cápita anual fue 76.7 GJ por habitante.

El consumo final de energía presentó disminuciones en los sectores intensivos en el uso de energía: el transporte consumió 48.7% del total, la industria correspondió al 28.1%, el sector

²Las estadísticas e información se reportan hasta este año en virtud de contar como último Balance Nacional de Energía con el del 2009 en el momento en que se comenzó a realizar la presente investigación (Octubre de 2011), y teniendo como antecedente que la Secretaría de Energía Pública en Diciembre de cada año el Balance Nacional de Energía del año anterior.

residencial, comercial y público representó el 20.0%, mientras que el agropecuario consumió 3.2%.

En 2009, la autogeneración de energía eléctrica totalizó en 93.2 PJ. La mayor parte de dicha energía fue generada por las sociedades de autoabastecimiento y cogeneración (46.6%), Pemex (16.5%) y la industria en su conjunto (16.5%).

En 2009, la producción de energía primaria captada en los balances regionales totalizó 9,634.2 PJ, es decir 97.8% de la energía primaria producida en todo el país³. En cuanto a la producción bruta de energía secundaria en centros de transformación, se logró recabar información sobre el 99.2% de la producción secundaria nacional⁴, es decir 5,482.4 PJ.

En lo que se refiere a la distribución porcentual del consumo por región, 26.1% se consumió en el Centro del país, 22.2% en la región Centro-Occidente, 21.4% en la Sur-Sureste, 20.4% en la Noreste y 10.0% en la Noroeste (figura 5).

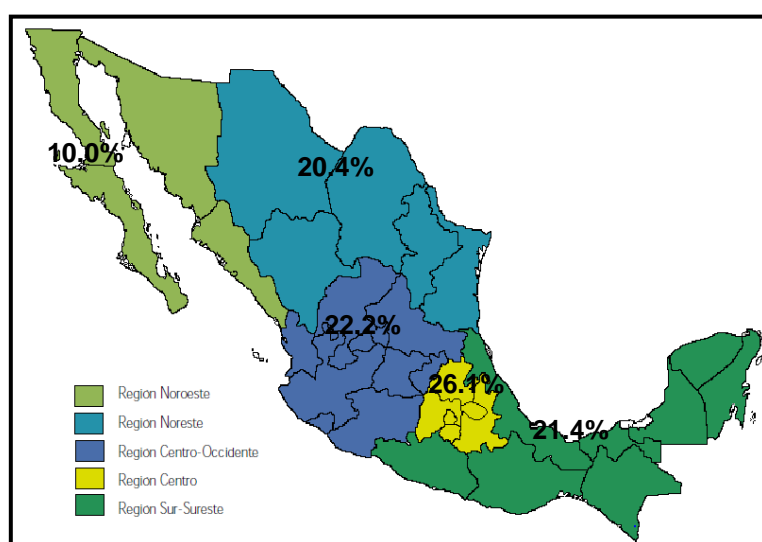


Figura 5. Distribución porcentual de consumo de energía por región. (SENER, 2011)

Las emisiones de CO₂ equivalente del sector energético totalizaron 403.5 millones de toneladas de CO₂ equivalentes, cifra 3.9% inferior a la de 2008. Esta disminución fue resultado principalmente de la caída en el consumo nacional de energía. El consumo de combustibles en

³ No se considera el 100% debido a la falta de información de carbón mineral y energía solar a nivel regional.

⁴ No se cuenta con información de coque de carbón a nivel regional.

el sector transporte generó la mayor cantidad de emisiones del sector energético (38.4%), seguido por el consumo de combustibles para generación de electricidad (28.1%).

En resumen, algunos resultados interesantes sobre la oferta y demanda de energía en México para el 2009 de acuerdo al Balance Nacional de Energía de ese mismo año (BNE 2009) — publicado por la Secretaría de Energía (SENER) — son:

- La producción de energía en México es mayor a la demanda; no obstante que la relación entre producción y oferta interna bruta disminuyó con respecto a 2008;
- Se logró un aumento de 4.1% en la producción de gas natural respecto a 2008, lo que se suma a la tendencia de tasas de crecimiento positivas que se han observado desde 2004;
- La producción de energía solar, a través de calentadores solares planos y módulos fotovoltaicos, ha aumentado a una tasa promedio anual de 15.7% durante el periodo 2000-2009;
- Hemos tenido avances en eficiencia energética, como las centrales eléctricas que operan con gas natural, las cuales mejoraron su nivel de eficiencia en 0.6 puntos porcentuales con respecto a 2008;
- Asimismo, se logró disminuir la intensidad energética en las industrias azucarera, minera, petroquímica de Pemex, cementera, cervecera y de aguas envasadas. A pesar de ello, la caída en la demanda final de diversos sectores fue de tal magnitud que la intensidad energética de la economía en su conjunto aumentó, y
- Las emisiones del sector energético se redujeron a una tasa mayor a la del consumo nacional, obteniendo una reducción de 4.7% en las emisiones del sector per cápita.

2.2.1 CONSUMO NACIONAL DE ENERGÍA.

El consumo nacional de energía —equivalente a la oferta interna bruta total—, cayó a una tasa de 0.5% de 2008 a 2009, derivado en mayor medida por la menor demanda de combustibles para consumo final (Tabla 5). El consumo del sector energético (producción, transformación y distribución de los energéticos), que representó 34.3% del consumo nacional, creció 10.2%, derivado del incremento de 17.8% en el consumo para transformación.

El consumo propio, que se refiere a la energía que el sector energético utiliza para el funcionamiento de sus instalaciones, disminuyó 2.0% respecto a 2008 (Figura 6). Las pérdidas por transporte, distribución y almacenamiento, que representaron 6.5% del consumo del sector

energético, crecieron 3.1% como resultado del incremento de 2.5% en las pérdidas de electricidad.

Cuadro . Consumo nacional de energía (petajoules)					
	2008	2009	Variación porcentual (%) 2009/2008	Estructura porcentual	
				2008 %	2009 %
Consumo nacional	8,291.08	8,246.96	-0.5	100	100
Consumo sector energético	2,565.06	2,826.55	10.2	30.9	34.3
Consumo transformación	1,532.26	1,805.05	17.8	18.5	21.9
Consumo propio	853.86	837.04	-2.0	10.3	10.1
Pérdidas por distribución	178.93	184.45	3.1	2.2	2.2
Recirculaciones	556.42	627.88	12.8	6.7	7.6
Diferencia estadística	40.18	-2.71	-	0.5	0.0
Consumo final total	5,129.43	4,795.24	-6.5	61.9	58.1
Consumo no energético	221.33	227.17	2.6	2.7	2.8
Consumo energético	4,908.10	4,568.07	-6.9	59.2	55.4

Tabla 5. Consumo Nacional de Energía. (SENER, 2011)

En 2009 el consumo final total de energía, que representó 58.1% del consumo nacional, disminuyó 6.5%, derivado a la menor demanda de combustibles del mercado nacional. El consumo no energético, es decir la energía primaria y secundaria que se utiliza como materia prima, creció 2.6% y representó 2.8% del consumo nacional. El consumo energético, el cual se refiere a los combustibles primarios y secundarios utilizados para satisfacer las necesidades de energía de los sectores transporte, industrial, residencial, comercial, público y agropecuario, abarcó 55.4% del consumo nacional de energía.

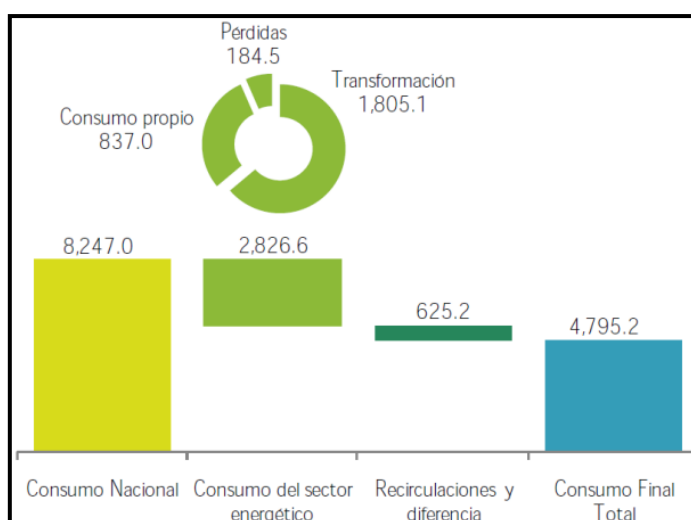


Figura 6. Consumo nacional de energía 2009, en petajoules (SENER, 2011)

2.2.2 CONSUMO DE ENERGÍA POR SECTORES.

En 2009 el consumo final energético disminuyó 6.9%, caída ligeramente superior a la de la actividad económica (medida en función del PIB), cuya disminución fue 6.5%⁵. Lo anterior fue impulsado en gran medida por la menor demanda de combustibles en los sectores transporte e industrial, resultado de la crisis financiera.

El sector transporte consumió 48.7% de dicha energía, por lo que se mantuvo como el principal consumidor de energía en México. El sector industrial le siguió en importancia, con una participación en el consumo de 28.1%. Los sectores residencial, comercial y público emplearon 16.7%, 2.7% y 0.6%, respectivamente, de la energía para consumo final. Por su parte, el sector agropecuario consumió 3.2% de la energía final (Figura 7).

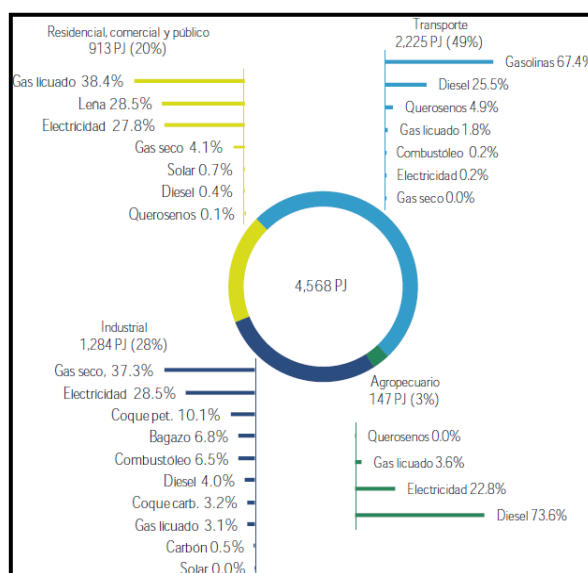


Figura 7. Consumo final energético por sector y energético 2009 (SENER, 2011)

El consumo de energía en el sector transporte totalizó 2,224.5 PJ (Tabla 6). Esta disminución fue impulsada en su mayoría por la caída de 6.8% en el consumo de gasolinas y naftas, que aportaron 67.4% de los requerimientos de energía de este sector. La demanda de diesel, segundo combustible en importancia en este sector y con una participación de 25.5%, disminuyó 11.9% respecto a 2008. Los querosenos, que tuvieron una participación de 4.9%, mostraron una caída de 15.2% en su consumo. El gas licuado de petróleo, utilizado en el

⁵ Producto Interno Bruto trimestral, base 2003, INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

autotransporte, mostró un consumo 6.6% menor al de 2008 y aportó 1.8% del consumo del sector. La demanda de electricidad en este sector tuvo una participación de 0.2% y mostró un aumento de 0.5% respecto al año previo. Finalmente, el consumo de gas seco, cuya aportación al consumo del sector fue marginal, disminuyó 8.2%.

Cuadro 6. Consumo de energía en el sector transporte (petajoules)					
	2008	2009	Variación porcentual (%) 2009/2008	Estructura porcentual	
				2008 %	2009 %
<i>Transporte</i>	2,433.35	2,224.50	-8.6	100	100
<i>Autotransporte</i>	2,230.00	2,056.17	-7.8	91.6	92.4
Gas licuado	41.68	38.94	-6.6	1.7	1.8
Gasolinas	1,606.47	1,497.82	-6.8	66.0	67.3
Diesel	581.27	518.87	-10.7	23.9	23.3
Gas seco	0.58	0.54	-8.2	0.0	0.0
<i>Aéreo</i>	130.61	110.81	-15.2	5.4	5.0
Gasolinas	1.04	0.94	-9.6	0.0	0.0
Querosenos	129.57	109.87	-15.2	5.3	4.9
<i>Marítimo</i>	44.44	31.33	-29.5	1.8	1.4
Diesel	38.67	26.56	-31.3	1.6	1.2
Combustóleo	5.77	4.77	-17.5	0.2	0.2
<i>Ferrovial</i>	24.43	22.31	-8.7	1.0	1.0
Diesel	24.30	22.17	-8.7	1.0	1.0
Electricidad	0.14	0.14	1.6	0.0	0.0
<i>Eléctrico</i>	3.86	3.88	0.4	0.2	0.2
Electricidad	3.86	3.88	0.4	0.2	0.2

Tabla 6. Consumo de energía en el sector transporte. (SENER, 2011)

Por modalidad, en 2009 el autotransporte consumió 92.4% de la energía del sector (Figura 8), sin embargo, su consumo disminuyó 7.8%, derivado en parte del aumento en los precios y la caída en la actividad económica. Con base en las estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación del INEGI⁶ e información de la población de CONAPO, el número de automóviles por habitante fue de 2.2. No obstante, la cantidad de energía consumida en el autotransporte por vehículo fue 6.0 GJ por vehículo. Como se puede apreciar en la Figura 8, las gasolinas y naftas aportaron la mayor parte de la energía requerida por el autotransporte (72.8%), seguidas por el diesel (25.2%) y el gas licuado de petróleo (1.9%). El consumo de gas seco fue 0.54 PJ, no obstante su aportación al consumo del autotransporte fue marginal. En 2009 el transporte aéreo consumió 110.8 PJ totales, mientras que el consumo de energía por carga transportada en transporte marítimo fue 0.13 GJ por tonelada y 2.8 GJ por pasajero.

⁶ Estimación del INEGI con base en las ventas reportadas por AMIA y ANPACT.

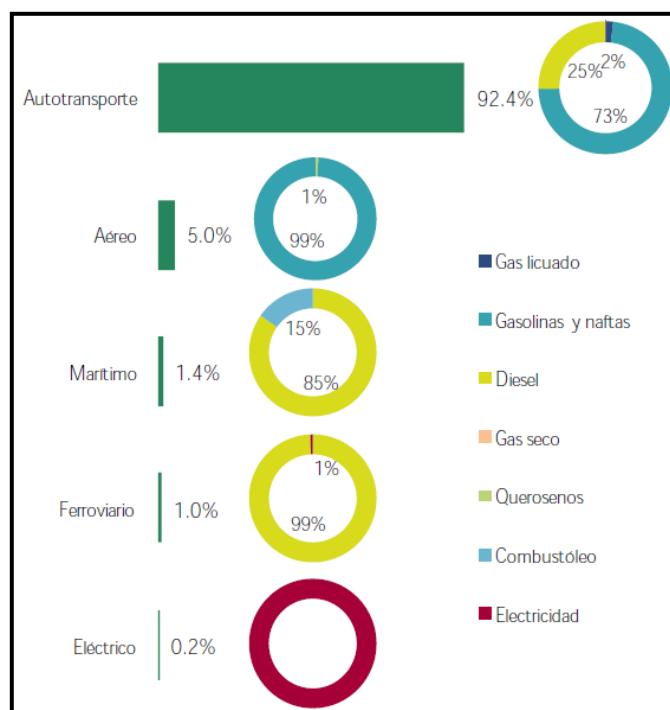


Figura 8. Consumo de energía del sector transporte 2009 (SENER, 2011)

2.2.3 CONSUMO DE ENERGÍA PER CÁPITA

El consumo de energía total per cápita en 2009 fue 76.7 GJ por habitante, 1.3% inferior a 2008. Esta caída derivó del menor consumo de energía. No obstante, como se muestra en la figura 9, la tasa de crecimiento promedio anual durante el periodo 2000 a 2009 fue 1.2%.

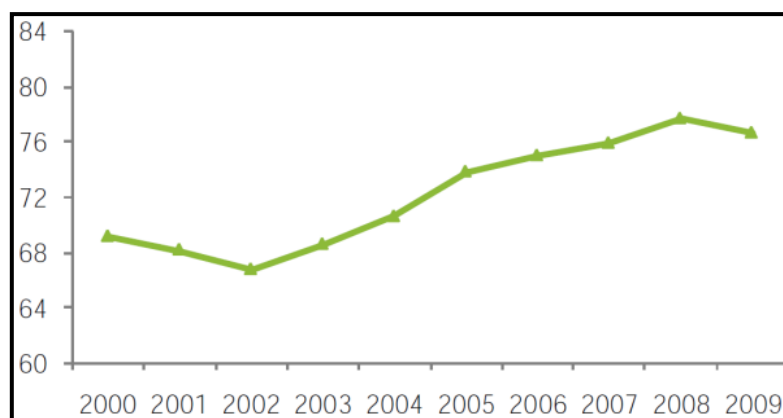


Figura 9. Consumo de energía per cápita, GJ por habitante (SENER, 2011)



En 2009 el consumo de electricidad per cápita disminuyó 1.6% respecto al año anterior, al ubicarse en 1,697 kWh por habitante, resultado del menor consumo de energía eléctrica en los sectores industrial y comercial.

2.2.4 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL SECTOR.

La energía es un factor fundamental en el desarrollo económico y social de México. No obstante, su producción, transformación y consumo tienen implicaciones importantes sobre las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Por ello, para lograr la mitigación efectiva de las emisiones, se requiere ser eficiente al producir y usar la energía. De acuerdo con información de la Agencia Internacional de Energía, el sector energético contribuye con aproximadamente 80% de las emisiones de GEI en el mundo (AIE, 2009). En su mayoría, estas emisiones se derivan de la combustión (al liberarse CO_2 como resultado de la oxidación de carbono en los combustibles), aunque también considera las emisiones fugitivas (liberación de gases como metano, CH_4 , que resulta de los procesos de producción, transformación, distribución, almacenamiento y uso de energéticos). Si únicamente se consideran las emisiones por combustión, el sector energético mundial aporta aproximadamente 60% de éstas.

En la Figura 10 se puede observar la relación que existe entre el comportamiento del consumo nacional de energía en México y las emisiones de CO_2 del sector. De 2000 a 2009 la tasa de crecimiento promedio anual del consumo de energía fue 2.2%, mientras que las emisiones crecieron 1.7% en promedio anual. En 2009 92.7% de la oferta interna bruta (equivalente al consumo nacional de energía) provino de combustibles fósiles, mientras que el 7.3% restante fue aportada por combustibles no fósiles, que son considerados como limpios. La alta dependencia en los combustibles fósiles ha sido un factor determinante en el comportamiento ascendente de las emisiones del sector en los últimos años.

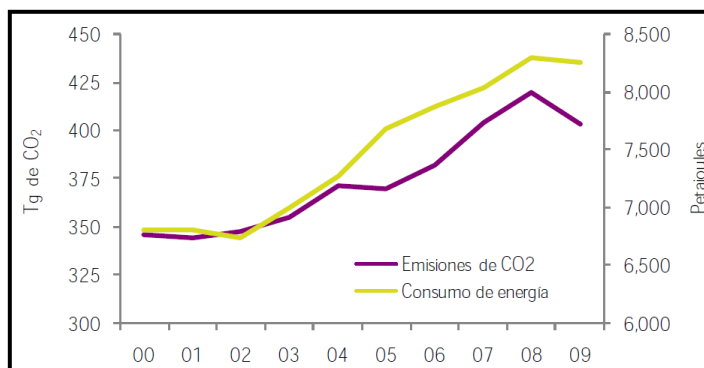


Figura 10. Evolución del consumo nacional de energía y las emisiones de CO₂ equivalentes del sector energético (SENER, 2011)

En 2009 las emisiones totalizaron 403.5 millones de toneladas de CO₂ equivalentes, cifra 3.9% por debajo de 2008. Esta disminución fue resultado principalmente de la caída de 0.5% en el consumo de energía. En 2009 se emitieron 48.9 toneladas de CO₂ por terajoule consumido, 3.4% menos que en 2008. Las emisiones en 2009 fueron equivalentes a 48.4 toneladas de CO₂ por peso de PIB. En cuanto a las emisiones per cápita, éstas promediaron 3.8 toneladas de CO₂ por habitante.

Al igual que en el consumo final de energía, el sector transporte contribuyó con la mayor parte de las emisiones de CO₂ (Figura 11), al generar 38.4% de éstas. De 2000 a 2009 las emisiones de este sector crecieron a un mayor ritmo que las emisiones globales, registrando una tasa de crecimiento media anual de 3.6%.

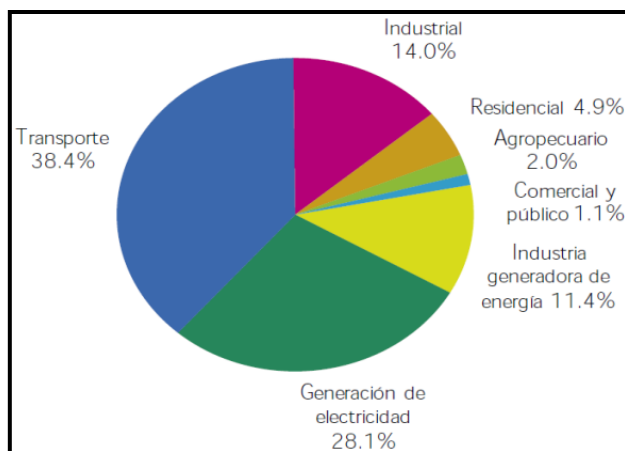


Figura 11. Estructura de las emisiones de CO₂ del sector energético (SE, 2010: 54).

El consumo de combustibles para generación de electricidad aportó 28.1% de las emisiones, mientras que el sector industrial 14.0% del total y la industria generadora de energía (refinación, extracción, etc.) contribuyó con 11.4%.

El sector residencial le siguió en importancia a la industria generadora de energía, pues produjo 4.9% de las emisiones del sector en 2009. Las emisiones del sector agropecuario fueron equivalentes a 2.0% de las emisiones globales. Finalmente, en 2009 los sectores comercial y público aportaron 1.1% de las emisiones del sector energético.

En lo que respecta a las emisiones por tipo de combustible, el petróleo crudo aportó la mayor parte (Figura 12). De 2000 a 2009 las emisiones por petróleo crecieron a una tasa promedio de 1.4% anual. Las emisiones de gas natural representaron 26.6% del total. No obstante, cabe destacar que el factor de emisión del gas seco (15.3 t C/TJ) es el menor con respecto al resto de los combustibles. Las emisiones de petrolíferos representaron 6.6% de las totales y las gasolinas y naftas contribuyeron con la mayor parte de éstas. Los combustibles sólidos (carbón mineral y coque de carbón) aportaron 8.2% de las emisiones. Las emisiones de los condensados fueron equivalentes a 1.3%. De acuerdo con la metodología del IPCC, la biomasa no se incluye para el cálculo de las emisiones porque se asume que al haber un consumo, existe una renovación de igual magnitud.

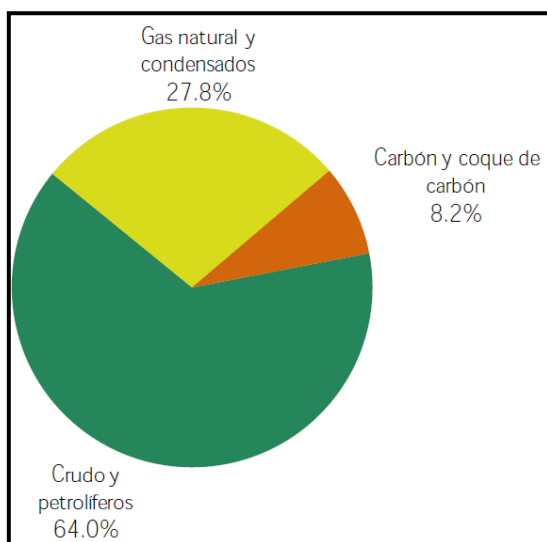


Figura 12. Estructura de las emisiones de CO₂ del sector energético por tipo de energético (SE, 2010: 55).



2.3 CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES DEL CONSUMO DE LA ENERGÍA CONVENCIONAL.

La producción y el uso de la energía suponen la principal causa, junto con el transporte, de las emisiones de gases de efecto invernadero, gases responsables del cambio climático. Por ello, una de las formas de actuar para limitar e impedir sus gravísimas consecuencias ambientales, sociales y económicas, relacionadas con el aumento de temperatura, subida del nivel del mar y disminución de precipitaciones, entre otras, consiste en reducir el consumo energético.

El cuarto reporte del IPCC (2007) destaca que las emisiones de los distintos gases de efectos invernadero (GEI), como el bióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y los clorofluorocarburos (CFC), han alterado la composición de los gases en la atmósfera, atrapando parcialmente más radiación de onda larga saliente y con ello, se ha modificado el balance radiactivo promedio. En el caso de las emisiones de CO_2 , se deben en gran medida al consumo de combustibles de origen fósil (petróleo, gas y sus derivados, como la gasolina) sobre todo en el sector transporte, así como la deforestación y la producción de cemento.

En esta perspectiva, las emisiones de los distintos GEI están vinculadas directamente al consumo de combustibles fósiles, los cuales son la base de la generación de energía que requieren las actividades diarias de la sociedad moderna.

En esta perspectiva, las emisiones de los distintos GEI están vinculadas directamente al consumo de combustibles fósiles, los cuales son la base de la generación de energía que requieren las actividades diarias de la sociedad moderna. En México, las emisiones totales de GEI pasaron de un nivel de 425,268 Gigagramos (Gg) en toneladas equivalentes de CO_2 (tCO_2e) en 1990 a 553,329 Gg en el 2002 y donde la mayor contribución a las emisiones totales provienen de la producción y el uso de la energía, que anualmente aporta en promedio 72% de las emisiones totales y el consumo de combustibles fósiles contribuye, en promedio, con 64% de las emisiones totales.

En este contexto, la importancia del sector energético tanto por su aporte a la producción doméstica como en lo que se refiere a las emisiones de GEI plantea la relevancia de analizar su evolución y su posible trayectoria hacia el futuro. Se ha identificado la necesidad de controlar y reducir las emisiones de GEI, en especial, en los sectores donde es posible lograr co-beneficios ambientales, económicos y de competitividad, así como impulsar capacidades de respuesta



ante los impactos previsibles del cambio climático. En este sentido, el sector energía resulta crucial en la estrategia de mitigación y adaptación. (Catalán, 2009)

Una de las vertientes para reducir este incremento es evolucionar la mezcla de energéticos primarios usados para satisfacer la demanda, y reducir los que emiten CO₂. Esta vertiente es la que impulsa el incremento de utilizar energía renovable en el sector eléctrico. Muchas actividades que actualmente producen emisiones de GEI son esenciales para la economía global y constituyen una parte fundamental de la vida moderna. Si las emisiones producidas por estas actividades continúan incrementándose, el planeta será más caliente en el futuro cercano. Los proyectos de energía renovable tienen el potencial de reducir la cantidad de emisiones de GEI liberadas a la atmósfera. Al utilizar fuentes renovables, como el agua, el sol, la biomasa o el viento, para producir energía, generalmente se incide en la reducción de la cantidad de combustibles fósiles. La reducción de emisiones de GEI que resultan de los proyectos de energía renovable es conocida como Reducción de Emisiones de Carbono (REC), las cuales representan un valor agregado para los proyectos de generación de energía renovable frente a los de generación de energía por medios convencionales (combustibles fósiles). Para determinar la contribución de GEI por parte de los combustibles fósiles (fuentes no renovables), se debe considerar la distribución porcentual de cada tipo de combustible (en términos de energía generada MWh) y el índice de emisiones de carbono correspondiente a cada tipo de combustible (Tabla 7). (Guillén, 2007)

Combustible	Tecnología	Toneladas de CO ₂ por MWh
Diesel	Ciclo combinado	0.605
	Turbina de gas	0.895
	Turbina de vapor	0.735
Carbón	Vapor convencional	0.987
Gas natural	Turbinas de gas	0.644
	Ciclo combinado	0.406
Hidroelectricidad		0
Combustóleo		0.778
Nuclear		0.04

Tabla 7. Emisiones de CO₂ por MWh de acuerdo a uso de combustible.

A continuación, se dan cuenta la relación entre consumo de energía y cantidad de CO₂ emitido a la atmósfera como resultado de repercusiones directas e indirectas en el medio ambiente por la utilización de dicho tipo de energía (Tabla 8) (Rodríguez, 2004)

1 Joule = 1 kg m ² /seg ²
1 MegaJoule = 1.000 kJoule = 1.000.000 J
1 litro gasolina = 40 MJ genera 3 kg CO ₂
1 Watt = 1 J/seg
1 Wh = 3.600 J = 3,6 kJ
1 kWh = 3,6 MJ
1 ampolleta 100 W funcionando 10 horas = 1 kWh = 3,6 MJ genera 0,5 kg CO ₂

Tabla 8. Relaciones entre consumo de energía y CO₂ emitido.

En México el consumo de combustibles fósiles para generar energía eléctrica según información de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), generan alrededor de 29 % de las emisiones totales de CO₂ a la atmósfera. Los combustibles fósiles se componen sobre todo del carbón y de los elementos del hidrógeno, las dos emisiones principales del consumo de combustibles fósiles son el CO₂ y agua, que pueden funcionar como gases de efecto invernadero. Según el Instituto de los Recursos Mundiales, la producción y el consumo de combustibles fósiles siguen en aumento en casi todas partes. Además, en la actualidad se estima que las reservas comprobadas de petróleo, gas natural y carbón pueden satisfacer respectivamente la demanda de los próximos 40, 60 y 230 años aproximadamente.

En un esfuerzo para reducir las emisiones de GEI, algunos países optan actualmente por el gas natural, pero su consumo también produce CO₂ (aunque menos que el carbón o el petróleo) y, por otra parte, los escapes de metano durante la extracción, traslado y distribución de gas natural representan en su conjunto entre el 5 y el 10%, una magnitud que contrarresta con creces la ventaja de emisiones de CO₂ más reducidas. En vista de las perspectivas de un constante aumento del consumo de combustibles fósiles para la producción de electricidad y de la amenaza creciente para el medio ambiente mundial, la energía renovable puede desempeñar un papel importante para los países que necesitan crecientes suministros energéticos sin que aumenten las emisiones de GEI.

En la (Figura 13) se muestra la proyección del consumo de combustibles fósiles para generación de energía eléctrica, 2006-2015 en México y en la Figura siguiente las emisiones de CO₂ al año por cada MWh generado, debido al crecimiento de la demanda de energía eléctrica y la utilización de combustibles fósiles.

La combinación de crecimiento demográfico, desarrollo económico e industrialización en el mundo entero significa que el consumo mundial de energía continuará aumentando. Estas tendencias, sumadas al mantenimiento del empleo de combustibles fósiles para producir energía eléctrica, también significan que las emisiones GEI continuarán aumentando en el mundo entero. (Guillén, 2007)

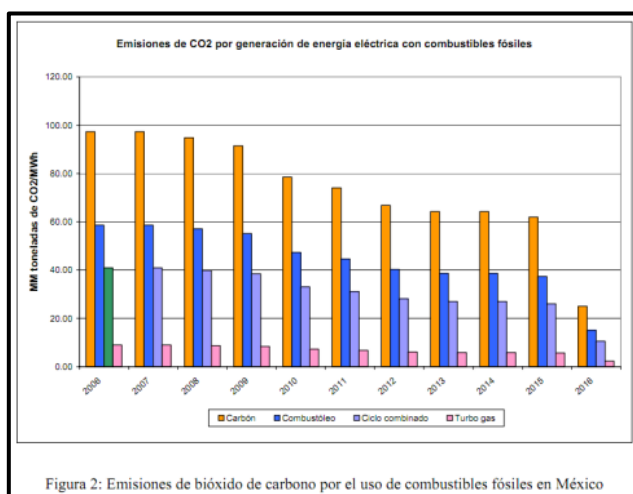


Figura 2: Emisiones de bióxido de carbono por el uso de combustibles fósiles en México

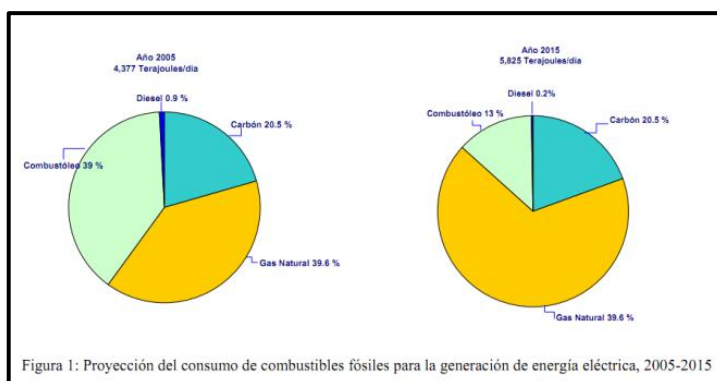


Figura 1: Proyección del consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, 2005-2015

Figura 13. Emisiones de CO₂ por el uso de combustibles fósiles en México y proyección de consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica 2005-2015.

Sabemos que el mundo se está calentando y que la temperatura ha aumentado como media unos 0,74°C durante el último siglo, en concreto desde 1970. El CO₂ procedente de actividades

humanas es el principal responsable del calentamiento global (Figura 14). Las concentraciones de CO₂ en la atmósfera son ahora casi un 40% superior a las existentes hace 200 años y sus emisiones han estado aumentando en más de un 2% anual desde el año 2000. Este gas de efecto invernadero procede de la quema de combustibles fósiles y de la deforestación, ya que ambos están compuestos de carbono.

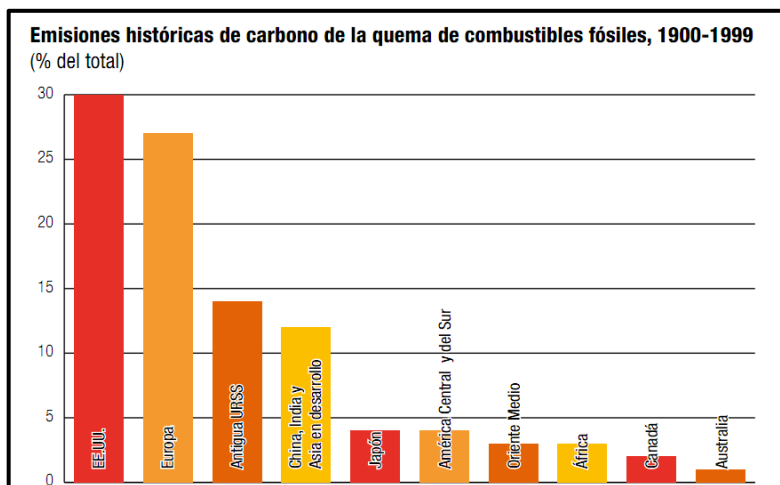


Figura 14. Emisiones históricas de carbono de la quema de combustibles fósiles, 1900-1999.

Cada tonelada adicional de CO₂ que emitimos empeora la situación. Es necesario frenar las emisiones lo antes posible para estabilizar las temperaturas. Las temperaturas globales van a seguir aumentando, al menos entre 2° a 4,5 °C hasta finales de siglo.

Sabemos que los gases de efecto invernadero, como el CO₂, calientan el aire atrapando el calor que irradia la superficie de la Tierra. Esta conclusión es científicamente evidente desde hace 100 años. Los primeros cálculos que establecían que duplicar el nivel de CO₂ en la atmósfera aumentaría la temperatura entre 2 y 6 °C se realizaron hace más de un siglo por el físico sueco Svante Arrhenius. Hoy, los modelos climáticos coinciden totalmente con esa conclusión.

Como resultado del calentamiento, tanto el clima como el tiempo se volverán más extremos debido a la acumulación de calor y de vapor de agua en la atmósfera. Las tormentas, incluyendo los huracanes, pueden volverse más intensos y más frecuentes. Las zonas húmedas serán aún más húmedas y las zonas secas más secas. Las sequías, que ya están sucediendo con más frecuencia, se volverán más largas y más intensas y se extenderán a nuevas áreas, incluyendo la zona mediterránea, Oriente Medio, Asia Central y el sur de África, regiones donde cada vez lloverá menos.



El derretimiento de los glaciares y de las capas de hielo en suelo firme provocará un aumento del nivel del mar. Según unos análisis publicados con posterioridad al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, se espera que se produzca un aumento de un metro en el nivel del mar en 2100, suficiente para desplazar al menos a 100 millones de personas en Asia, en particular en el este de China, Bangladesh y Vietnam; 14 millones en Europa y 8 millones tanto en África como en Sudamérica. Sin embargo, la subida del nivel del mar no parará en 2100.

El sistema básico de la vida del planeta se está minando a través de la emisión a la atmósfera de gases causantes del cambio climático. Ejemplos de esto son:

- La ruptura física de la conexión con la tierra de Groenlandia y/o del oeste de las capas de hielo de la Antártida. Estas capas tienen un espesor de 3 kilómetros y cubren, cada una de ellas, más de 2 millones de kilómetros cuadrados. El derretimiento de cualquiera de ellas aumentaría el nivel del mar en 6 metros o más. Según algunos modelos climáticos, un calentamiento de 1,7°C podría desencadenar una desintegración en cadena y sin freno de la capa de hielo de Groenlandia.
- Muerte de la selva amazónica por el calor, las sequías y los incendios. Esto liberaría CO₂ y calentaría aún más el planeta, posiblemente desestabilizando otros bosques y causando un mayor calentamiento, lo que significaría la pérdida de uno de los sumideros de carbono más importantes del planeta y una fuente única de biodiversidad. Liberación de miles de millones de toneladas de metano hasta ahora atrapados en el permafrost. El metano es un gas de efecto invernadero y su liberación acentuaría el calentamiento global. Los investigadores han relacionado en el pasado la emisión de metano con episodios bruscos de calentamiento global.
- Ruptura del sistema de circulación oceánica, causando importantes cambios climáticos que incluirían un enfriamiento radical de Europa y afectaría negativamente a la estación de los monzones en Asia. La regularidad y predicción de los monzones es crucial para el suministro de agua dulce y la producción de alimentos en el continente más poblado del mundo.

El cambio climático ya está contribuyendo a serias sequías, inundaciones, huracanes y aumento de enfermedades como la malaria y el dengue. El cambio climático está dañando ecosistemas críticos como la Gran Barrera de Coral, la Amazonía y el Ártico. Los científicos han

afirmado que la ola de calor de 2003 en Europa, que mató a 30.000 personas, no hubiera sucedido nunca si no se estuviese produciendo el actual calentamiento global.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), institución creada por las Naciones Unidas que analiza el comportamiento del clima, ha calculado que un cambio climático descontrolado podría reducir la producción de alimentos en un 40% en 2100. El planeta podría estar acercándose a un punto de inflexión más allá del cual sufriría una transformación que no podremos invertir, forzando a ecosistemas enteros a cambiar (Figura 15). Estos puntos de inflexión catapultarán el clima global a un estado nuevo y más frágil y desestabilizarán las capas de hielo polar de Groenlandia y de la Antártida, causando un aumento del nivel del mar de varios metros. Un clima más cálido también provocará un aumento de las emisiones de metano en miles de millones de toneladas, debido al derretimiento del permafrost, así como el aumento de las emisiones de CO₂ procedentes de los bosques cada vez más expuestos a las sequías, plagas de insectos e incendios, todos ellos factores que pueden acelerar el cambio climático. Asimismo, el sistema de circulación de las corrientes oceánicas podría verse interrumpido.

Para prevenir los desastres causados por el cambio climático, los científicos afirman que tenemos que mantener el calentamiento global por debajo de los 2°C. Si se quiere alcanzar este objetivo es necesaria una reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero en al menos un 80% en 2050 respecto a los niveles de 1990.

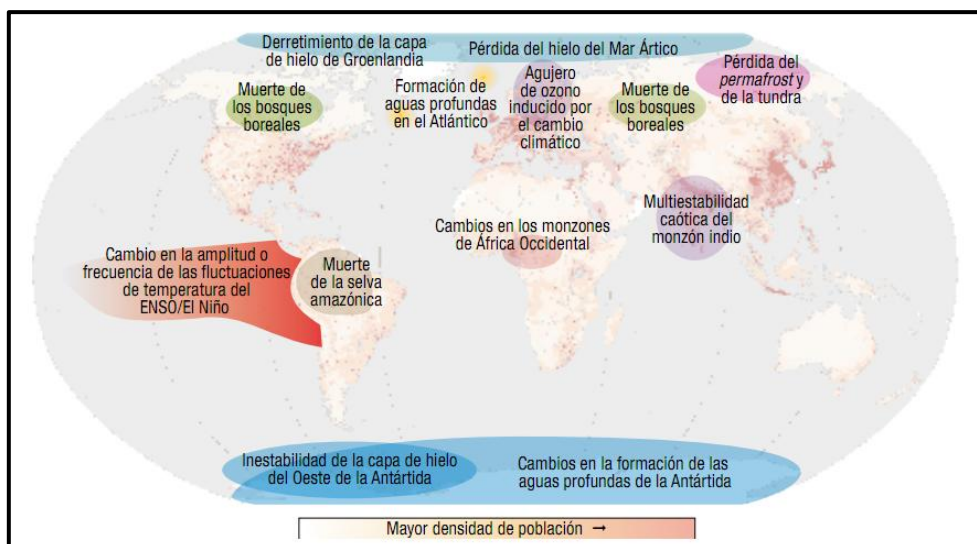


Figura 15. Consecuencias de la contaminación.



Para frenar el aumento de la temperatura es necesario estabilizar las concentraciones atmosféricas de CO₂ y otros gases de efecto invernadero producidos por el hombre. Para mayor conveniencia, los científicos agrupan estos gases en una única referencia conocida como “CO₂ equivalente”. Su concentración actual es de 386 partes por millón (ppm).

Algunos países con altas emisiones generan una escasa riqueza derivada de esas emisiones debido al hecho de que sus economías son muy “intensivas en carbono”. En líneas generales, queman carbón y despilfarran la energía resultante. Otros, haciendo uso de las energías renovables y utilizando la energía de forma eficiente, registran una intensidad de carbono mucho más baja.

Generalmente, las naciones ricas utilizan la energía de una forma más eficiente, aunque algunas economías pobres también son muy eficientes (y viceversa). Las mayores disminuciones en la intensidad energética (energía consumida por unidad de PIB) desde 1990 han sido alcanzadas por países en desarrollo, en concreto India y China, que han reducido su intensidad energética en un 40 y un 60 por ciento respectivamente.

El cambio en el uso de combustible es claramente una de las claves para reducir la intensidad de carbono. Para la mayoría de los países y las industrias, tanto ricos como pobres, con alta o baja tecnología, hacer un uso más eficiente de la energía es la forma más fácil de reducir las emisiones y mejorar la intensidad de carbono. Además, ahorran dinero mediante la reducción de las facturas energéticas. (WWF, 2009)



CAPÍTULO 3

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes históricos.

3.1.1 Egipto.

3.1.1.1 Templo de Karnak.

3.1.2 Grecia.

3.1.2.1 Templo de Atenea Niké.

3.1.3 Roma.

3.1.3.1 Panteón.

3.1.4 Arquitectura Bizantina.

3.1.5 Románico.

3.1.6 Gótico.

3.1.7 Renacimiento.

3.1.8 La revolución industrial.

3.1.8.1 Villa Savoye.

3.1 La luz.

3.2.1 Espectro electromagnético.

3.3 Fuentes de luz.

3.3.1 Luz directa.

3.3.2 Luz indirecta.

3.3.3 Luz difusa.

3.4 Parámetros lumínicos.

3.4.1 Intensidad luminosa.

3.4.2 Luminancia.

3.4.3 Flujo luminoso.

3.4.4 Iluminancia.

3.4.5 Luminosidad.

3.4.6 Tabla de resumen.

3.4.7 El color de la luz.



- 3.4.8 Temperatura de color.
- 3.4.9 Reflectancia, absorptancia y transmitancia.
- 3.5 Confort lumínico.
- 3.6 Productividad y confort en edificio de oficinas.
 - 3.6.1. Ventanas y stress.
- 3.7 Niveles de iluminación recomendados por estándares nacionales e internacionales.
 - 3.7.1 Normas técnicas complementarias del reglamento de construcción del Distrito Federal.
 - 3.7.2 Normas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
 - 3.7.3 Normas Internacionales.
- 3.8 Métodos de predicción de iluminación.
- 3.9 Sistemas innovadores de iluminación.
 - 3.9.1 Ductos solares.
 - 3.9.2 Repisas de luz.
 - 3.9.3 Sistemas de seguimiento solar.
 - 3.9.4 Fibra óptica.
 - 3.9.5 Helióstatos.
 - 3.9.6 Concentradores solares.
 - 3.9.7. Anidólicos.
- 3.10 Conclusiones.



CAPÍTULO 3

MARCO TEÓRICO

El presente capítulo es el grupo central de conceptos y principios con los que se podrá comprender el contenido del trabajo de investigación. Por esta razón, las definiciones se organizaron a modo de glosario, permitiendo su fácil manejo.

3.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

La historia de la iluminación natural y la historia de la arquitectura estuvieron estrechamente unidas hasta la segunda mitad del siglo XX cuando la iluminación fluorescente y la electricidad barata comenzaron a ser accesibles. Desde la bóveda de arista romana al Palacio de Cristal del siglo XIX, los cambios estructurales más grandes eran para incrementar la cantidad de luz que entraba en los edificios. (Lechner, 1990)

Varias civilizaciones aplicaron principios solares relacionados con su contenido geográfico y su conocimiento del mismo. El astro rey ha sido considerado una divinidad en muchas civilizaciones. La luz natural ha sido protagonista en la historia de la arquitectura por ser, durante varios siglos, la única fuente constante de iluminación. Las civilizaciones antiguas tomaban en cuenta los movimientos del sol durante el año para orientar sus edificios e introducir luz natural el mayor número de horas posibles.

La luz natural no era netamente funcional, se la relaciona también con paz, pureza o conocimiento. Esta se utilizaba para dar énfasis a espacios especiales, por lo que su admisión a un espacio era muy bien pensada. (Moore, 1993)

La arquitectura gótica fue principalmente el resultado de la búsqueda de mayor área de ventanas. Sólo pequeñas ventanas eran posibles cuando el principal sistema constructivo eran las bóvedas de cañón y paredes soportantes. La bóveda de arista romana suplantó a la bóveda de cañón en parte porque esta permitía ventanas más grandes. El sistema constructivo gótico de bóvedas de crucería permitía el uso de grandes ventanales. Numerosas y grandes ventanas fueron las características de la arquitectura renacentista. Ventanas dominaban la fachada, especialmente en regiones con climas nublados. Aunque las fachadas de los palacios del renacimiento estaban diseñadas para dar la impresión de masividad, sus plantas en E o H



proveían la suficiente ventilación e iluminación natural. Este tipo de plantas eran las típicas en grandes proyectos hasta el siglo XX.

Con la revolución industrial, segunda mitad del siglo XVIII y principios del XIX, la invención de las lámparas incandescentes en 1879, y de las fluorescentes en 1939 y la eventual disponibilidad de energía eléctrica barata y abundante, los espacios podían lograr condiciones uniformes de iluminación durante todo el día. Esto representó una ruptura con las consideraciones que hasta ese momento eran tan importantes en la arquitectura, entre estas la óptima iluminación natural.

3.1.1 EGIPTO.

En el antiguo Egipto, el Padre Divino era el Dios Sol Ra, reverenciado como el Soberano de toda creación. El faraón de turno era su hijo y representante en la Tierra. Las creencias religiosas relacionadas con el Sol influyeron en la planeación y lineamientos de las ciudades. (Boubekri, 2008)

Por razones climáticas la arquitectura egipcia tenía características particulares. El intenso sol, la poca vegetación y el deslumbramiento limitaban las aberturas tanto en paredes como en techos. Otra limitante era el sistema constructivo, los templos monumentales contruidos con piedras tenían posibilidades de pocas aberturas. La masividad de la mampostería ayudaba a atenuar y difuminar la luz directa de sol.

En templos de dimensiones considerables, la luz era introducida al espacio por medio de triforios que tenían rejillas de piedra tallada para suavizar la luz directa. En otros, simplemente se iluminaba a través de pequeñas aberturas en el techo o ventanas y por las puertas del edificio. (Moore, 1991)

3.1.1.1 TEMPLO DE KARNAK.

Templo diseñado con referencia a los movimientos del sol y el cambio de estaciones. Se lo conoce como el Templo Solar del Solsticio, varios de sus componentes están orientados este-oeste para reconocer el movimiento del Sol, y otros, orientados norte-sur representando el curso del Nilo (Figura 16).

Además, está alineado a los Solsticios. En el solsticio de invierno el sol nace a través de los arcos del Templo, celebrando al dios Ra. (Boubekri, 2008)

gruesos que transmitían el calor recibido del sol en invierno y el frío de las noches de verano al interior. Esto combinado con aberturas profundas que dirigían la luz al interior.

Se alentaba la democratización del acceso solar, sin importar estratos sociales, y era un componente importante al momento de trazar nuevas ciudades que luego se convirtieron en referentes como Olinto y Priene. Además de utilizar el sol para calentar sus hogares, los griegos creían que el sol fomentaba la buena salud. Una casa tipo se dividía en dos secciones: una sur que era ocupada en invierno y otra norte que se habitaba en verano. (Moore, 1991)

3.1.2.1 TEMPLO DE ATENEA NIKÉ.

Templo construido por Calícrates en el año de 449 a.C, es un edificio en mármol blanco del Pentélico. Ubicado en la Acrópolis de Atenas (Figura 17). Su estilo es jónico que era el más usado para templos dedicados a divinidades femeninas. Como la mayoría de templos, tiene una fachada próstila de columnas monolíticas cuyo pórtico sobresale del vestíbulo y una estatua de la divinidad en su interior. Es el único templo griego donde podemos observar escenas de batallas. (Rojas, 2011)

Los templos griegos son relativamente pequeños ya que su propósito era albergar al dios al que se los dedicaba, no al resto de habitantes; todos los ritos y celebraciones se llevaban a cabo en el exterior. En el caso del Templo de Atenea Niké, se dice, que la diosa pide un sacrificio en su altar antes de las batallas por lo que el templo está a oscuras y cerrado para se pueda realizar sin interrupciones de los enemigos. El balance entra la luz/sombra y exterior/interior es perfecto.



Figura 17. Templo de Atenea Niké.

3.1.3 ROMA.

Adelantos constructivos romanos hicieron posible que el uso de luz natural y calentamiento solar pasivo se incrementara. El uso del arco de medio punto, la bóveda de cañón y la cúpula hicieron posibles grandes luces, al usar la mampostería a compresión. Esto permitía, por primera vez, el uso de grandes vanos logrando introducir más luz natural al interior de los espacios. Los romanos construyeron monumentales edificios públicos que usaban varias estrategias para iluminación natural.

Las Basílicas, importantes centros de reunión, tenían una planta generalmente rectangular, con su eje más largo orientado este-oeste para la mayor exposición posible al sur. Muchas de las casas romanas tenían una caldera solar conocida como “heliocaminus”. Esto es una estrategia solar pasiva que consistía en un espacio separado dentro de la casa donde se almacenaba el calor para ser redistribuido a otras áreas. Se sabe que los romanos son pioneros en la utilización de ventanas de vidrio, usadas para atrapar el calor y calentar sus edificaciones, además de emplearlo en invernaderos donde producían gran parte de su comida. Esta civilización fue también pionera en la legislación solar y leyes de protección para el acceso a la luz solar de ciudadanos, esto a raíz del aumento de la densidad urbana.

3.1.3.1 PANTEÓN.

Este templo fue destruido en un incendio en el año 80 D.C y fue reconstruido por el emperador Hadrian entre los años 118 y 125 D.C. Este diseño tiene principios de calentamiento solar, el óculo en el domo de la rotonda principal logra captar los rayos solares del cenit, logrando iluminar y calentar el espacio, además de enfatizar la importancia de la iluminación en la concepción de su arquitectura (Figura 18).



Figura 18. Panteón Romano.

3.1.4 ARQUITECTURA BIZANTINA.

La característica más importante de esta arquitectura fue el uso de la cúpula soportada por cuatro pilares, esta se vuelve el centro y culmen de la edificación. Se utiliza para cubrir el corazón de la construcción en las plantas centrales, pero también en los tramos de las naves centrales y laterales en otros tipos de plantas. Es semiesférica como la romana y puede ser mostrada al exterior o no.

El resultado es una planta centralizada por la cúpula principal y rodeada de medias cúpulas. La luz natural se filtra por pequeñas aberturas que se encuentran en el tambor de la cúpula principal, creando un efecto mágico, como si estuviera flotando sobre la estructura (Figura 19).



Figura 19. Monasterio de Hodegitria de Mystra, Grecia.

3.1.5 ROMÁNICO.

El románico, como su nombre lo indica, se caracteriza por un regreso a la arquitectura romana. El esquema lineal de la basílica evolucionó en una cruz coronada por una cúpula en su intersección (Figuras 20 y 21). Las bóvedas de crucería se usaron durante este período, pero no fueron tan sofisticadas como las desarrolladas en el gótico posterior.

Las ventanas al exterior no tenían grandes vanos, lo que disminuía la luz natural. Mientras que al interior se diseñaron vanos más grandes, fue en donde los rosetones comenzaron a aparecer. (Moore, 1991)

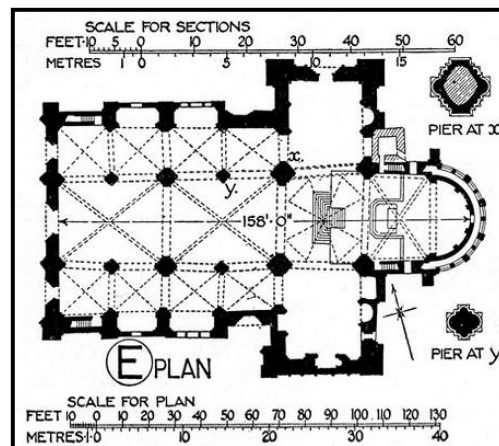


Figura 20. Planta de San Michele. Pavia, Italia.

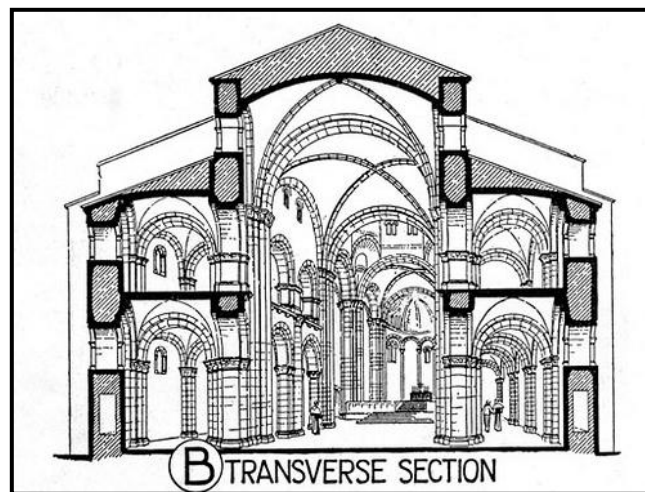


Figura 21. Sección de San Michele. Pavia, Italia.

3.1.6 GÓTICO

El periodo gótico elevó la construcción en piedra a su mayor grado de sofisticación estructural, poniendo énfasis en la ligereza estructural y la iluminación de las naves del interior de los edificios (Figura 22). El desarrollo del arco ojival permitió la intersección de dos bóvedas de diferentes dimensiones, lo que antes de este período era difícil por el uso de arcos de medio punto. Las costillas en las intersecciones de las bóvedas transmitían la carga a puntos localizados. Desarrollaron los arbotantes que transmitían las cargas verticales a los cimientos, además de resistir cargas de las paredes perimetrales resultado de los arcos. Por primera vez la pared dejaba de ser la principal manera de soportar los remates horizontales, lo que permitió abrir vanos vidriados de considerable tamaño.

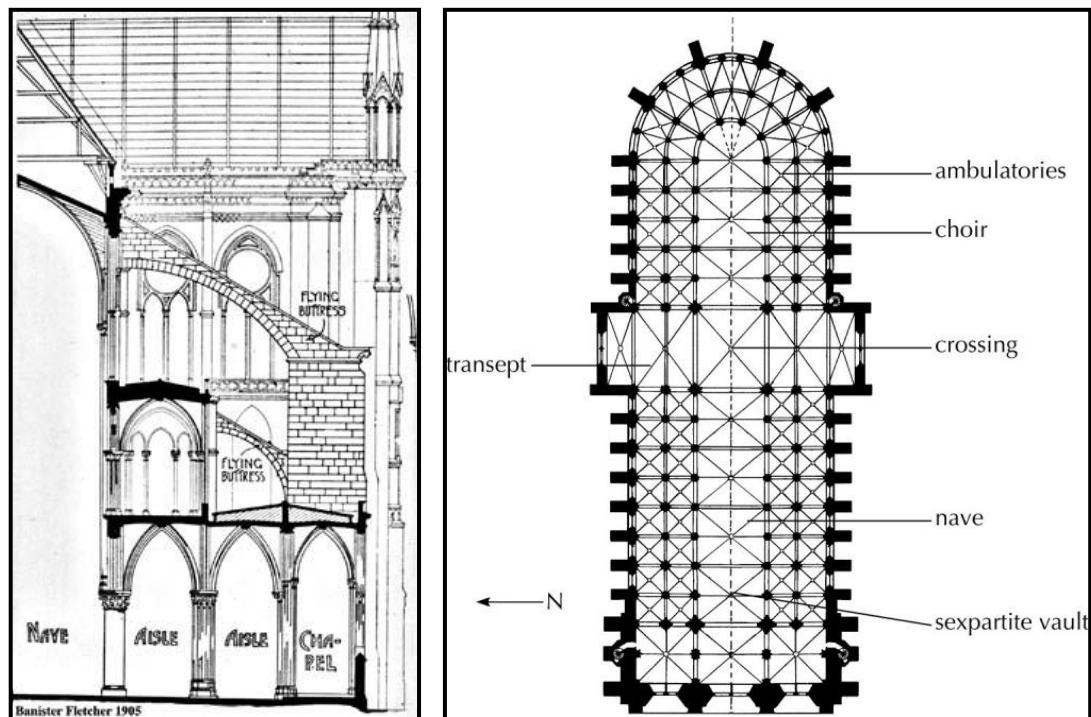


Figura 22. Sección y Planta de la Catedral de Notre Dame de París.

3.1.7 RENACIMIENTO.

Elementos clásicos fueron reintroducidos. La innovación estructural que caracterizó al gótico revivió el interés por la armonía y proporción en la arquitectura. La iluminación natural se volvió más sutil, sofisticadas e innovadoras.

Un desarrollo importante de este periodo fueron sus gruesas paredes que eran literalmente esculpidas y decoradas. Esto contrario a las tendencias anteriores, sobre todo el gótico, donde el espacio interior era definido por el sistema constructivo. Esta tendencia lograba efectos lumínicos muy interesantes, al recurrir a lugares ocultos o complicados para permitir el paso de la luz solar (Figuras 23 y 24).

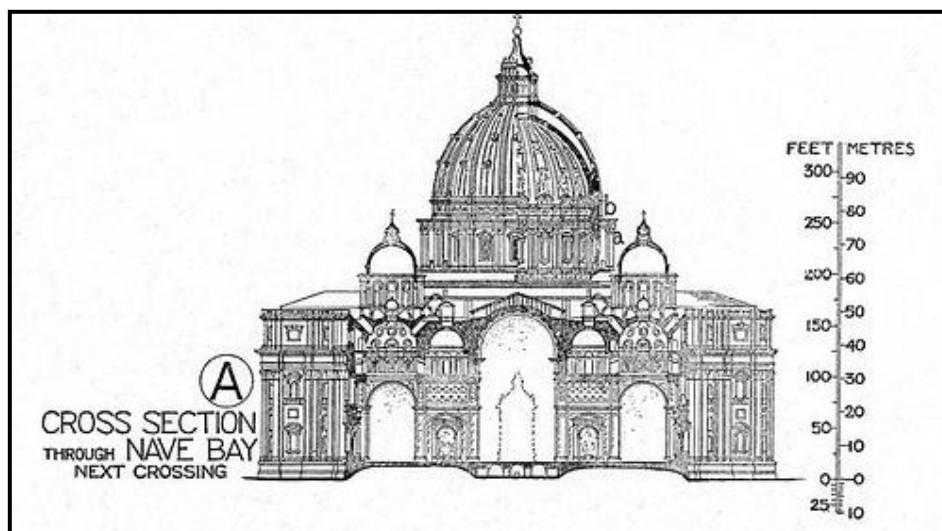


Figura 23. Sección de Basílica de San Pedro, Roma. Aperturas escondidas de iluminación

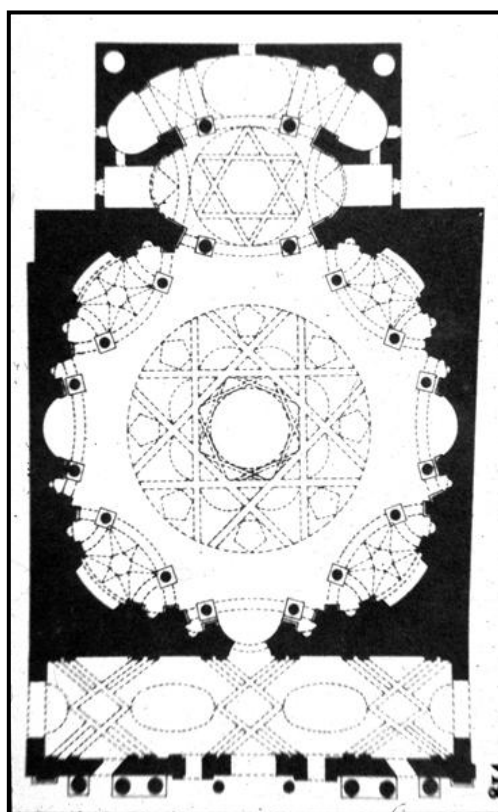


Figura 24. Planta de San Lorenzo, Turín. Paredes esculpidas.



3.1.8 LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.

Durante los primeros años de la revolución industrial se vivieron cambios sociales y económicos, como la gran migración de personas de áreas rurales a centros urbanos en busca de trabajo en el creciente número de fábricas. La gran demanda de viviendas llevó a la consolidación de barrios sobrepoblados y con precarias condiciones sanitarias. Los edificios se construían adosados en calles estrechas, lo que hacía difícil su exposición al sol.

Estas condiciones de vida llevaron al brote de enfermedades como el cólera, tuberculosis y raquitismo. El tener sumideros abiertos fue una de las razones para que los brotes se expandieran, pero la falta de luz en las edificaciones fue un factor agravante.

En el siglo XIX planificadores preocupados por las pobres condiciones sanitarias de las ciudades en Europa emprendieron un movimiento para mejorar estas condiciones. Influenciados por el Reporte de Chadwick en 1842 que especificaba las condiciones sanitarias de Gran Bretaña (Chadwick, 1842). Por primera vez en la historia británica el gobierno tenía la responsabilidad de salvaguardar la salud y el bienestar público. El reporte hablaba sobre la correlación entre las enfermedades, la esperanza de vida, tasas de mortalidad y el ambiente en que la gente vive. Muchas propuestas urbanas nacieron a raíz de la propuesta de Chadwick.

No fue sino hasta mediados del siglo XIX que la comunidad de diseñadores se preocupó por la correcta iluminación en edificios. Esto se vio enfatizado cuando el Dr. Niels Finson ganara el Premio Nobel en 1903 por probar que la luz natural puede curar la tuberculosis y crear un método usando terapia ultravioleta para curar el lupus vulgaris. (Holick, 1999)

Antes del siglo XIX los arquitectos utilizaban la envolvente de los edificios como el principal regulador de luz y calor entre el objeto arquitectónico y el exterior. La iluminación era principalmente natural y determinada por el clima del lugar, por lo que los espacios debían estar correctamente orientados, dependiendo de las actividades a realizar y los horarios de usos. El intercambio de calor entre el interior y el exterior estaba regulado por los materiales, espesores y estrategias de calentamiento o enfriamiento. El dialogo con el entorno era importante.

Después de la revolución industrial estos importantes aspectos de la arquitectura se dejaron de lado con las innovaciones desarrolladas en este periodo. Ahora los arquitectos tenían la posibilidad de olvidar las limitaciones que siempre dieron forma a sus diseños. La tentación fue muy grande.



Los muros portantes, con excepción del periodo gótico, fueron el sistema constructivo más usado en la arquitectura. Estos eran de espesores considerables, masivos y continuos para poder soportar el peso de la estructura que se levantaba sobre ellos. Con la revolución industrial y consecuente uso de estructuras más livianas, la función de los muros se redujo a un elemento que protegía al interior del viento y el agua, además de volverse cada vez más delgado para reducir el peso total de la estructura y de esta manera el diámetro de columnas.

Los muros se volvieron pequeños paños por el uso de grandes ventanales, esto aumentó la posibilidad de iluminación natural en todo el perímetro de la fachada, pero también elevó el deslumbramiento, la pérdida de calor en invierno y las ganancias de calor en verano. Las cualidades térmicas de las edificaciones fueron reemplazadas por sistemas mecánicos de iluminación, ventilación y calefacción.

La creación de lámparas incandescentes, luego de las lámparas fluorescentes permitió a los edificios tener plantas de mayor profundidad y reemplazaron a las ventanas, triforios y tragaluces como las principales fuentes de iluminación en la arquitectura.

El comienzo del siglo XIX presencié el nacimiento de un nuevo movimiento que proponía la modernidad y rechazada el pasado. Negaba la reproducción de modelos antiguos con paredes masivas y ventanas pequeñas. Los avances tecnológicos hicieron posibles las nuevas formas de pensar en el diseño, desde ahora los edificios podían ser construidos con luces grandes y aberturas considerables. (Boubekri, 2008)

El movimiento moderno ganó popularidad después de la Segunda Guerra Mundial y el CIAM Congreso Internacional de Arquitectura Moderna. Los principios expuestos en este Congreso fueron fundamentales en la planeación y reconstrucción de ciudades después de la guerra. Esta nueva tendencia proponía líneas simples y rectas, grandes ventanas y plantas libres.

3.1.8.1 VILLA SAVOYE.

Este proyecto es el perfecto ejemplo de la materialización de los conceptos expuestos en el CIAM. El cuerpo mayor está elevado del suelo por medio de pilotes, con fachada y planta libre. Las paredes interiores no soportaban carga, lo que les permitía ser mucho más flexibles (Figura 25). Las vanos podían tener mayores dimensiones y la cantidad de vidrio usada era mayor dejando entrar más luz natural.



Figura 25. Villa Savoye.

3.2 LA LUZ.

La luz es la energía electromagnética con una frecuencia dentro del rango visible. A grandes alturas, el cielo es completamente oscuro y conforme la luz del sol viaja a través de la atmósfera su luminosidad aumenta por efecto de la reflexión y refracción.

3.2.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

Es la principal energía presente en nuestro entorno. Este fenómeno se produce cuando partículas inmateriales llamadas fotones, atraviesan el espacio a grandes velocidades. Como definición es un conjunto de ondas producidas por la oscilación o aceleración de una carga eléctrica.

La radiación electromagnética se ordena en un espectro que se extiende desde ondas con frecuencias muy altas (longitudes de onda pequeñas), hasta frecuencias muy bajas (longitudes de onda altas). Los valores del espectro están expresados en nanómetros: 1 nanómetro= 1×10^{-9} m. La luz que el ojo humano puede ver ocupa una pequeña banda de longitudes de onda de

radiación electromagnética que va desde 380 a 780 nanómetros. El color de la luz depende de la longitud de onda de la radiación que la produce, como la luz blanca que contiene todas las ondas del espectro electromagnético visible (Figura 26).

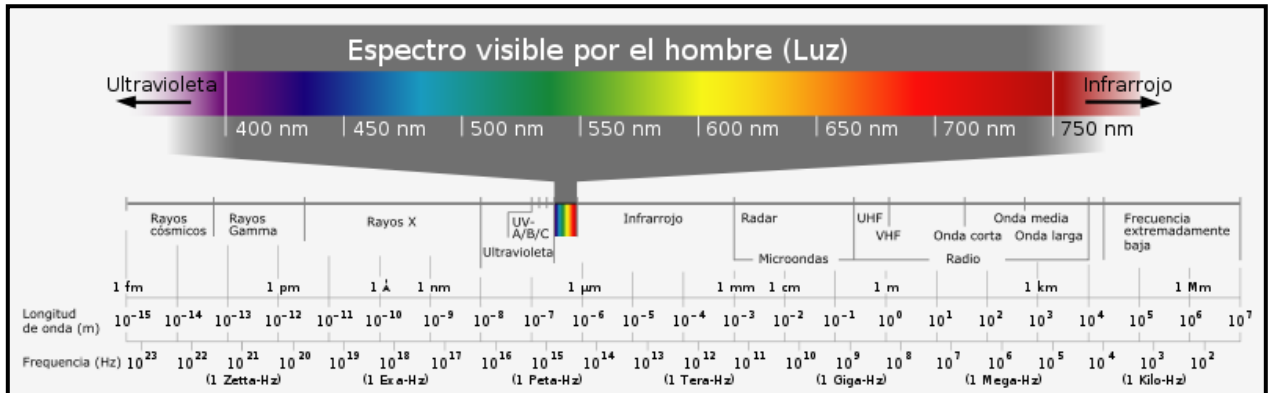


Figura 26. Espectro electromagnético y longitudes de onda.

3.3 FUENTES DE LUZ NATURAL.

La luz y el cielo son las fuentes de iluminación natural. La luz natural llega al interior de un local directa o indirectamente, dispersada por la atmósfera y reflejada por las superficies del ambiente natural o artificial (Figura 27). (Pattini, 2006)

Las envolventes arquitectónicas actúan como filtros donde la luz se distribuye por transmisión, dispersión o reflexión. Dentro de este proceso intervienen varios elementos, desde la bóveda celeste, el movimiento del sol, nubosidad, entorno natural y artificial y vegetación, todos estos elementos pueden hacer variar la iluminación interior en cuestión de segundos.



Figura 27. Se muestra la variación de la luz natural que ingresa desde la ventana de una casa debido a las variaciones estacionales. Figura tomada de (Pattini, 2006)



De la radiación total que llega a la superficie de la tierra después de atravesar la atmósfera, sólo la radiación visible (380 a 780nm) es relevante desde el punto de vista de iluminación natural. Este tipo de iluminación tiene varias ventajas:

- Viene de una fuente renovable y por ende limpia.
- Puede proporcionar niveles de iluminancia más elevados en horas del día.
- La luz solar directa introduce menos calor por lumen que la mayoría de las fuentes de iluminación eléctrica.

3.3.1 LUZ DIRECTA.

Se conoce a la luz solar directa como la porción de luz natural proveniente directamente desde el sol que incide en un lugar específico.

3.3.2 LUZ INDIRECTA.

Es la que llega a un espacio producto de la reflexión, generalmente en muros, pisos o plafones.

3.3.3 LUZ DIFUSA.

Es emitida por la bóveda celeste diurna por múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. Tiene aproximadamente la misma intensidad en diferentes direcciones.

3.4 PARÁMETROS LUMÍNICOS.

Principios físicos de la luz.

3.4.1 INTENSIDAD LUMINOSA.

Se define como la intensidad de un cuerpo negro emisor uniforme de $1/60 \text{ cm}^2$ a la temperatura de fusión del platino (Figura 28). En otras palabras es capacidad de una fuente de emitir luz en una dirección determinada. Su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es la candela (cd). Todos los demás parámetros se derivan de este.

Matemáticamente es:

$$I_v = dF/d\Omega$$

Donde:

I_v es la intensidad luminosa, medida en candelas.

F es el flujo luminoso, en lúmenes.

$d\Omega$ es el elemento diferencial de ángulo sólido, en estereorradianes.

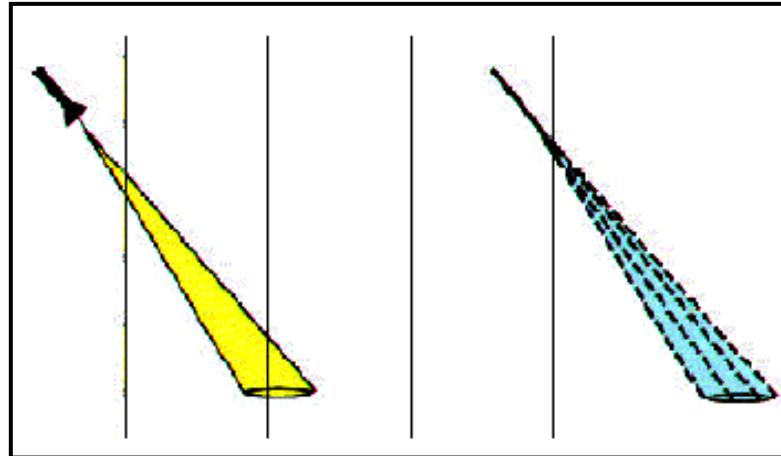


Figura 28. Intensidad luminosa.

3.4.2 LUMINANCIA.

Es la medida de la brillantez o luminosidad de una superficie (I). Se expresa en cd/m^2 . En Fotometría, la luminancia se define como la densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada (Figura 29).

Como ejemplo podríamos decir que: Si una fuente luminosa de intensidad 1cd tiene un área de 1m^2 , su luminancia es de $1\text{cd}/\text{m}^2$, que es la unidad para iluminancia en el SI. Alternativamente, también se puede definir como la densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada.

Su fórmula es:

$$L_v = d^2F / dS d\Omega \cos\theta$$

Donde:

L_v es la luminancia, medida en candelas/metro².

F es el flujo luminoso, en lúmenes.

dS es el elemento de superficie considerado, en metros².

$d\Omega$ es el elemento de ángulo sólido, en estereorradianes.

θ es el ángulo entre la normal de la superficie y la dirección considerada.

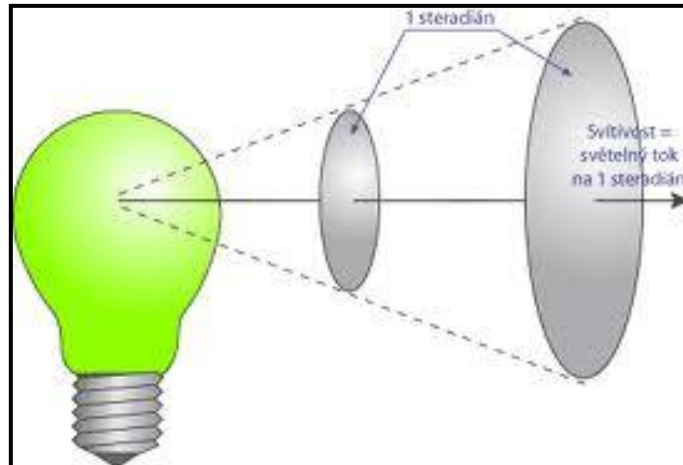


Figura 29. Luminancia.

3.4.3 FLUJO LUMINOSO.

Es la cantidad de energía radiante visible (luz), determinada por la proporción de tiempo en su flujo y se mide en lumens.

Este parámetro nos da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente puntual en todas las direcciones del espacio. El flujo luminoso describe la potencia luminosa total emitida por una fuente de luz (Figura 30).

Básicamente se podría expresar esta potencia de radiación, por ser energía, en la unidad llamada vatio. Sin embargo, el efecto óptico de una fuente de luz no es descrito adecuadamente de esta manera, ya que la radiación es captada sin diferenciación alguna en toda la banda de frecuencias, y porque no tiene en cuenta la sensibilidad espectral variable del ojo. Mediante la consideración de la sensibilidad espectral del ojo se obtiene la magnitud llamada lumen. Un flujo de radiación de 1W, entregado en la sensibilidad espectral máxima del ojo es de 555 nm, y genera un flujo luminoso de 683 lm.

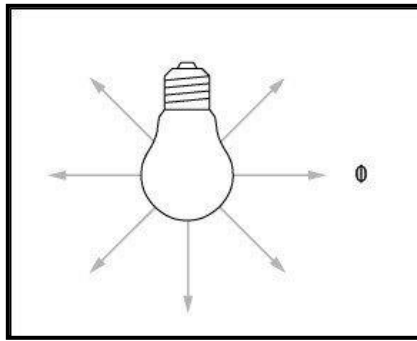


Figura 30. Flujo luminoso.

3.4.4 ILUMINANCIA.

En fotometría la iluminancia es la cantidad de flujo luminoso emitido por una fuente de luz que incide, atraviesa o emerge en una superficie por unidad de área, o sea lm/m^2 , esto equivale a la unidad de medida en el Sistema Internacional que es el Lux: $1 \text{ Lux} = 1 \text{ Lumen}/\text{m}^2$ (Figura 31).

En general, la iluminancia se define según la siguiente expresión:

$$E_v = dF/dS$$

Donde:

E_v es la iluminancia, medida en lux.

F es el flujo luminoso, en lux.

dS es el elemento diferencial de área considerado, en metros cuadrados.

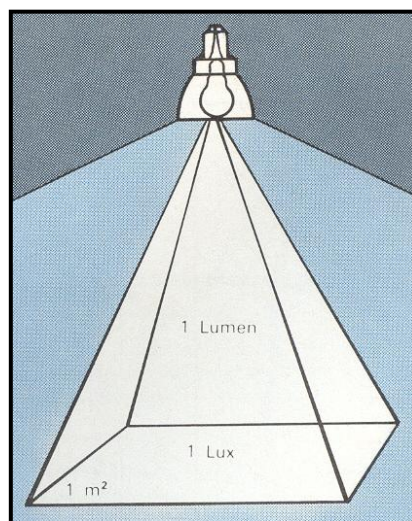


Figura 31. Iluminancia.

3.4.5 LUMINOSIDAD.

La cantidad de luz disponible en un lugar varia a lo largo del día en función de la posición del Sol en la bóveda celeste, es decir en función del día del año y la hora del día. Los niveles de iluminación al interior de un espacio dependen fundamentalmente de la cantidad de luz disponible en el exterior.

La luz natural se compone de la suma de iluminancia proveniente del sol directo y la proveniente del cielo de forma difusa (Figura 32). La luminancia de una superficie resulta de la relación entre la intensidad luminosa y su superficie proyectada. La luminancia puede ser directa, que es la cantidad de luz recibida desde la fuente de luz (lámparas, o bien el sol), e indirecta, siendo la cantidad de luz reflejada por una superficie (muros, techos, pisos) u objeto que es recibida.

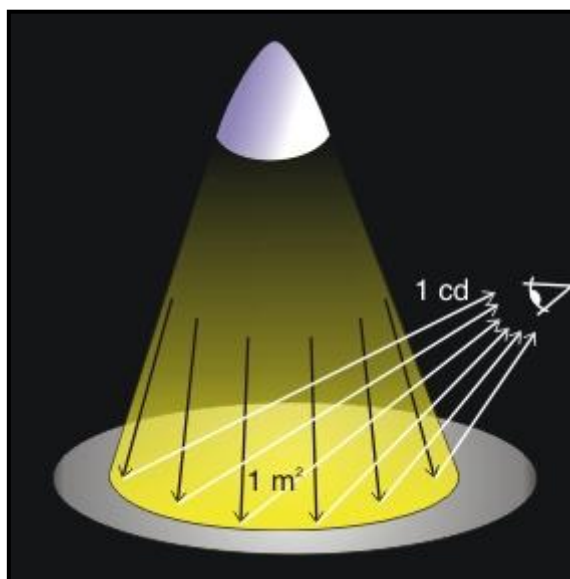


Figura 32. Luminosidad.

3.4.6 TABLA DE RESUMEN.

PARÁMETROS LUMÍNICOS	UNIDAD
Intensidad luminosa	Candelas (cd)
Luminancia	Cd/m ²
Flujo luminoso	Lumens (lm)
Iluminancia	Lux (lm/m ²)

Tabla 9. Resumen de parámetros luminosos y sus unidades.

3.4.7 EL COLOR DE LA LUZ.

El color es percepción; es una respuesta psicológica que depende de la reacción del ojo y de la interpretación del cerebro respondiendo a la longitud de onda de la luz sobre un nivel de brillo determinado. El color de la luz se define como la consecuencia del reparto de energía en las distintas longitudes de onda del espectro.

El color de la luz se utiliza como un parámetro de confort visual, tomando en cuenta dos factores: la Temperatura de Color y el Índice de Rendimiento Cromático (IRC). Estas variables se miden en unidades Kelvin (K) y en porcentaje, respectivamente (Figura 33). Son útiles para el diseño de un ambiente en condiciones de confort lumínico, permitiendo tener una compatibilidad con los requerimientos lumínicos de un espacio.



Figura 33. Luz blanca en un espacio.

3.4.8 TEMPERATURA DE COLOR.

Es la tonalidad aparente, ya sea cálida, neutra o fría de una fuente luminosa artificial o eléctrica. Se mide en unidades Kelvin (K) (Figura 34).

“Indica el color de una fuente de luz por comparación de esta con el color del cuerpo negro a una determinada temperatura en grados kelvin” (V. Olgay, 2002)



Figura 34. Temperaturas de color en la escala Kelvin.

Los colores denominados cálidos tienen una temperatura de color baja, como por ejemplo el rojo, mientras que colores fríos tienen una temperatura de color alta, como el azul (Tablas 10 y 11).

FUENTES DE LUZ ARTIFICIAL	TEMPERATURA
Vela	2000° K
Lámpara incandescente típica	2500° K
Lámpara halógena	3200° K – 3400° K

Tabla 10. Temperaturas de color en fuentes luminosas artificiales.

FUENTES DE LUZ NATURAL	TEMPERATURA
Luz natural vespertina	4000° K
Luz de sol directo de mediodía	5500° K
Cielo nublado	4500° K – 6500° K
Cielo despejado azul profundo	60000° K – 100000° K

Tabla 11. Temperaturas de color en fuentes luminosas naturales.



3.4.9 REFLECTANCIA, ABSORTANCIA Y TRANSMITANCIA.

Estos son los modos de distribución de la luz en una superficie.

$$\text{Reflectancia (R)} + \text{Absortancia (A)} + \text{Transmitancia (T)} = 1$$

REFLECTANCIA.

Es la relación del flujo luminoso reflejado entre el flujo luminoso incidente. (Viqueira, 2011)

Podemos nombrar algunas características reflectivas para ejemplificar el término:

SUPERFICIE	REFLEXIÓN
Mate	refleja la luz equitativamente en todas direcciones
Especular	refleja la luz en una sola dirección
Espejo convexo	rayos reflejados divergentes
Espejo cóncavo	rayos reflejados convergentes

Tabla 12. Temperaturas de color en fuentes luminosas naturales.

ABSORTANCIA.

Es la relación del flujo luminoso absorbido entre el flujo luminoso incidente. Si la superficie es transparente o traslúcida, parte del flujo luminoso incidente es transmitido a través del material. (Viqueira, 2011)

TRANSMITANCIA.

Es la relación del flujo luminoso transmitido entre el flujo luminoso incidente. (Viqueira, 2011)

Este parámetro está directamente relacionado con la cantidad de luz que deja pasar un material específico, si bloquea por completo la luz será un material opaco, de lo contrario se lo puede llamar transparente o traslúcido. Cabe mencionar que no existe ningún material absolutamente opaco o transparente.

3.5 CONFORT LUMÍNICO.

El ojo humano es muy sensible y reconoce cambios mínimos de luz, intensidad y color. Una de sus capacidades es la agudeza visual, que es habilidad que tiene el observador de distinguir finos detalles, hasta cierto punto esta agudeza aumenta con mayor iluminancia en la superficie de trabajo (Moore, 1991). La sensibilidad al contraste, habilidad del ojo de distinguir diferencias de luminosidad, como ejemplo podemos decir que bajo iluminación pobre es difícil distinguir entre una superficie negra y una gris, mientras que con suficiente iluminación la diferencia es obvia.

La arquitectura se experimenta principalmente por la vista. La visión es la habilidad del ojo de captar la porción de la energía electromagnética definida como luz. La evolución del hombre ha ocurrido con luz de día y el sol es la primera fuente de radiación terrestre por lo que el límite de sensibilidad de nuestro ojo es aproximadamente el del espectro solar.

Una experiencia visual comienza con un proceso mental de orientación y de impresiones espaciales, seguida de varias entradas de información, luego de comparaciones y finalmente del ordenamiento de prioridades mentales. (Moore, 1991)

El nivel de confort visual se ha alcanzado cuando se tiene la capacidad de distinguir de manera cómoda y sin esfuerzo los objetivos que se desean observar en un espacio arquitectónico. La iluminación asociada al confort visual se entiende a partir de los conceptos de deslumbramiento y contraste, fenómenos ligados estrechamente a la forma en que se ilumina un espacio y al nivel de iluminación del mismo. Se resalta una vez más la subjetividad del concepto según las capacidades de percepción de cada individuo y la importancia de apreciar el fenómeno en su distribución espacial y temporal. (Evans, 1980)

El confort lumínico depende tres parámetros fundamentales:

- Iluminancia: Cantidad de energía lumínica que incide sobre una superficie. El ojo humano puede apreciar luminancias comprendidas entre 3 y 10,000 lux. Para desarrollar una actividad cómodamente se necesita entre 100 y 1,000 lux.
- Deslumbramiento: Gran luminosidad de una porción del campo de visión (fuentes de luz que son mucho más luminosas que el resto del campo visual).
- El color de la luz: Reparto de energía en las diferentes longitudes de onda del espectro. Para tener una buena reproducción del color, la luz debe tener energía suficiente en todas ellas.



3.6 PRODUCTIVIDAD Y CONFORT EN EDIFICIOS DE OFICINAS.

La luz natural se convirtió en una cuestión secundaria cuando entramos a la segunda mitad del siglo XX, por la disponibilidad de fuentes de energía eléctrica, además de la “superioridad” de esta respecto a la natural. Tal vez el avance más importante con la iluminación artificial es la facilidad y flexibilidad al dejar que los diseñadores ignoren las ubicaciones de ventanas.

Suministrar iluminación natural adecuada a áreas de trabajo es un reto por la variabilidad de luz natural disponible. La iluminación eléctrica es mucho más simple, esta ofrece iluminación constante que puede ser fácilmente cuantificada. Pero otras consideraciones se debieron tener en cuenta.

La crisis energética a mediados de los 70s llevó a una revisión del potencial de la iluminación natural. Al principio sólo se tomaban en cuenta las implicaciones de la energía, pero ahora se la valora por sus posibilidades estéticas y su habilidad de satisfacer necesidades biológicas.

Para la mayoría de climas y tipos de edificios la luz natural puede ser una respuesta para el ahorro de energía. Edificios como oficinas, escuelas e industrias consumen el 50% del total de su energía en iluminación. Además hay más de 3000 horas en el turno diurno de las 8,760 que contiene un año. Por consecuencia, una gran proporción de la carga energética puede ser eliminada con el uso de luz solar. (Lechner, 1990)

Existe otro factor relacionado a la luz natural y energía, que en grandes edificios de oficinas es usualmente el factor más importante. El pico de consumo más alto ocurre usualmente durante tardes soleadas de verano, cuando el aire acondicionado está trabajando a su mayor capacidad. El sol proporciona un máximo de iluminación. Consecuentemente, algunas de las luces eléctricas, que consumen alrededor del 50% del total de la energía, no son necesarias. La máxima demanda de electricidad puede ser reducida hasta en un 50% con la utilización apropiada de luz natural.

Las plantas de energía eléctrica deben ser diseñadas no para la energía total usada sino para la demanda máxima. Los grandes consumidores de energía deben pagar no sólo el total de su consumo, sino también por la máxima demanda que ocasionan. Gran parte de este consumo excesivo puede ser compensado por este ahorro. La sociedad también se beneficia si la demanda máxima puede ser reducida ya que se deberán construir menos plantas eléctricas en el futuro.



La naturaleza dinámica de la luz natural es vista como una virtud más que una responsabilidad. Esta satisface las necesidades biológicas por relacionarnos con los ritmos del día. Además crea dramatismo en el espacio que es mucho más estimulante que una escena completamente consistente alumbrada artificialmente.

Hasta cuando la iluminación natural fue completamente ignorada los arquitectos seguían usando grandes ventanas por el placer de las vistas y ayuda visual. La ironía es que las cortinas de vidrio fueron más populares en los años 60s, un momento en la historia de la arquitectura en que la luz natural no era tomada en cuenta. Consecuentemente, el diseño de iluminación natural no siempre requiere adicionar nuevas ventanas a los edificios. En la mayoría de los casos ni siquiera se necesita aumentar el área de la ventana. Lo que si se requiere, es el diseño cuidadoso de su ubicación para la correcta distribución y calidad de la luz.

3.7 NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS POR ESTÁNDARES NACIONALES E INTERNACIONALES.

Las normativas nacionales que se tomaron como referencia para esta investigación fueron dos:

- Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en su apartado Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico
- Normas de la Secretaria Del Trabajo y Previsión Social. NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

En lo referente a Normativas Internacionales se investigaron varias de diferentes países, adjuntadas posteriormente.



3.7.1 NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DEL DISTRITO FEDERAL.

El gobierno del Distrito Federal publicó el 6 de Octubre de 2004 las Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico, en el apartado 3.4 se considera la ventilación e iluminación.

Esta Norma habla sobre los requisitos mínimos de iluminación artificial en oficinas privadas y públicas, este rango va de 100 a 500 lux (Tabla 13) dependiendo de la tarea a realizarse en el área de trabajo. (Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico, 2004)

REQUISITOS MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL		
TIPO DE EDIFICACIÓN	Local	Nivel de Iluminación
SERVICIOS		
Oficinas privadas y públicas	Cuando sea preciso apreciar detalles	100 lux
	Cuando sea preciso apreciar detalles: Toscos o burdos	200 lux
	Medianos	300 lux
	Muy finos	500 lux

Tabla 13. Requisitos Mínimos de Iluminación Artificial. Elaboración propia.

3.7.2 NORMAS DE LA SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL.

La Secretaria del Trabajo y Previsión Social publicó el 30 de Diciembre de 2008 la NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo (Tabla 14).

En esta Norma se determinan los niveles de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo, aquí se diferencian las áreas de circulación y las áreas de trabajo. Se establece como mínimo 100 lux para circulación, 300 lux para oficinas en general y 500 lux si las tareas a realizar requieren alta definición de detalles como dibujo o laboratorio. (Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, 2008)

NIVELES DE ILUMINACIÓN		
TAREA VISUAL DEL PUESTO DE TRABAJO	ÁREA DE TRABAJO	NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN (LUX)
En interiores	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas	100
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios	500
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos	1,000

Tabla 14. Niveles de Iluminación. Elaboración propia.

3.7.3 NORMAS INTERNACIONALES.

Los niveles de iluminación recomendados varían dependiendo del país y de la actividad a realizar, además de que están en constante cambio. Se llevan a cabo diferentes investigaciones para poder actualizar y mejorar las recomendaciones en el campo de la iluminación. Por ejemplo, Suecia en un periodo de 40 años (1948 a 1990) no ha variado sus reglamentos para oficinas, mientras que Alemania las ha actualizado seis veces.

En la tabla 15 se muestra una recopilación de niveles de iluminación recomendados a nivel mundial en oficinas de fuentes como manuales de iluminación, normas internacionales y publicaciones.

LOCAL: OFICINAS	NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN GENERAL (LUX)	NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN PLANO DE TRABAJO (LUX)	NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN LECTURA (LUX)
Argentina	200	300-700	-
Australia	160	320	320
Austria	500	320	320
Bélgica	300-700	500-1000	500-1000
Brasil	750-1000	-	200-500
China	100-150-200	150	75-100-150
República Checa	200-500	300-500	500
Dinamarca	50-100	-	500
Finlandia	150-300	500-1000	500-1000
Francia	425	425	425
Alemania	500	500	-
Japón	300-750	300-750	300-750
Holanda	100-200	400-500	400
Suecia	100	300	500
Suiza	500	300	500
UK	500	500	300
USA	200-300-500	200-300-500	200-300-500
Comisión Europea	500	500	500

Tabla 15. Niveles Recomendados de Iluminación a nivel internacional. Elaboración propia con datos de (Pattini, 2000).

Como podemos observar existe un rango amplio de niveles lumínicos recomendados dependiendo de la tarea, el lugar y la norma. Como conclusión se propone que los niveles de confort visual para oficinas que se tomarán como referencia en esta investigación vayan de 300 a 500 lux. Estos engloban las normas mencionadas anteriormente.

3.8 MÉTODOS DE PREDICCIÓN DE ILUMINACIÓN PARA EVALUACIÓN.

Los métodos para predicción de iluminación se dividen básicamente en 3 grupos (Moyo Martínez, 2009).

- Métodos computacionales: SKyVision, Lumen Designer, Dial Lux, Autocad Revit, Lightscape, Radiance.
- Métodos matemáticos: Cálculo de Factor de Día y Método de Lumen.
- Métodos de modelos físicos: Modelos a escala y modelos reales.

Cada uno de estos métodos sería en sí mismo un tema de investigación. En el Estado del Arte, apartado 4.9 se detalla a fondo el método de evaluación de iluminación en modelos a escala por ser el utilizado en esta investigación.

3.9 SISTEMAS INNOVADORES DE ILUMINACIÓN.

Con este nombre se engloba una serie de dispositivos concebidos para mejorar la eficiencia y las condiciones de servicio en instalaciones de alumbrado, mediante la introducción de nuevas funciones, haciéndolas más flexibles, confortables y eficientes.

Los sistemas innovadores comprenden una diversidad de dispositivos que van desde luminarias, equipos auxiliares y sistemas de control, hasta ventanas inteligentes, luminoductos y colectores de luz solar (Assaf, 2006). Se pueden dividir en dos: los sistemas innovadores de alumbrado natural y los sistemas innovadores de alumbrado artificial. La presente investigación se acotó a sistemas innovadores de iluminación natural.

3.9.1 DUCTOS SOLARES.

Es un sistema de iluminación natural que capta los componentes directos de la radiación solar mediante cúpulas situadas en las cubiertas de los edificios transportándola varios metros hacia el interior utilizando conductos que logran múltiples inter-reflexiones para enviarla al interior de los espacios, utilizando diversos sistemas ópticos. En estos sistemas, es indispensable que la superficie interior sea especular.

Este sistema transporta la luz por múltiples reflexiones especulares. La eficiencia depende del área y geometría del ducto, reflectividad del material (85% a 98%) y capacidad de direccionamiento de la fuente de luz, alcanzando un índice de 50% de eficiencia del

sistema. Deben diseñarse de tal manera que no provoquen deslumbramientos indeseables dentro del campo visual de los ocupantes de los edificios (Figura 35).

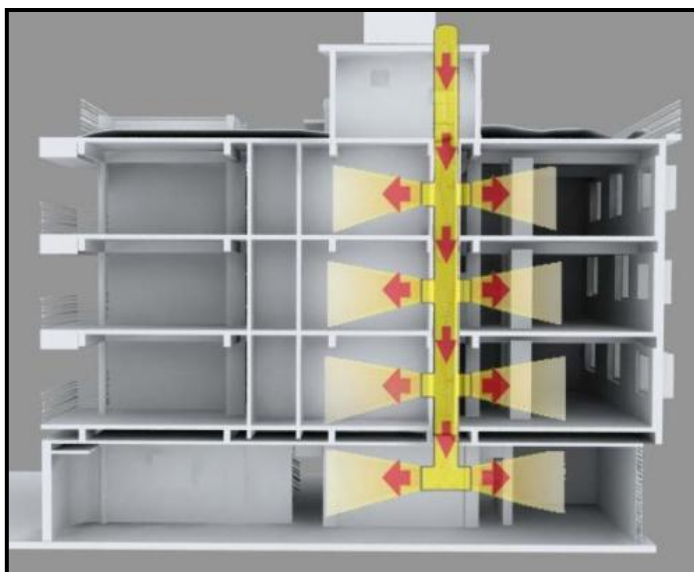


Figura 35. Ductos solares.

3.9.2 REPISAS DE LUZ.

Estos dispositivos son conductores horizontales de luz. Buscan reflejar la luz incidente hacia el plafón usándolo para distribuirla de manera uniforme y en el mayor espacio posible (Figura 36).

Los niveles de luz al interior de la habitación dependen de los valores de reflectancia, considerando también la latitud y tienen como beneficio el sombreado que proporcionan sus elementos horizontales.

En condiciones normales la distribución normal de la luz del día en un cuarto es muy desigual, con niveles de iluminación muy altos en las zonas cercanas a la ventana y muy bajos en las alejadas de la misma. Esto también dependerá del tipo de cielo: el cielo despejado permite mayor incidencia lumínica y el cielo nublado menor.

Una repisa de luz puede ser utilizada para igualar la luz natural. Normalmente se lo coloca en posición casi horizontal en cualquier parte del tercio superior de la ventana. La repisa es cubierta con una película especular de alta reflectancia para reflejar los rayos de sol hacia el techo y lograr mayor reflexión lumínica dependiendo de la condiciones de cielo que se presenten.

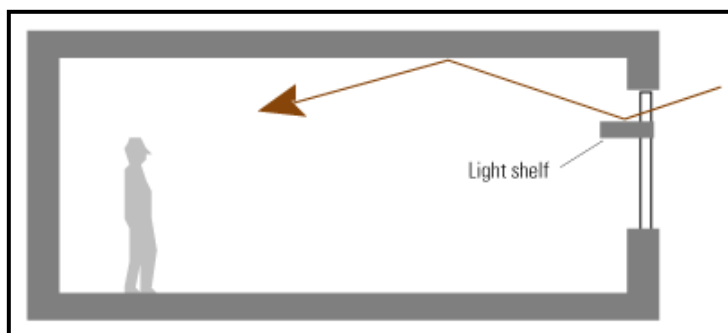


Figura 36. Repisa de luz.

3.9.3 SISTEMAS DE SEGUIMIENTO SOLAR.

Los cielorrasos anidólicos integran colectores parabólicos con un contenedor altamente reflectivo y su uso está recomendado para regiones de cielos predominantemente cubiertos. Son elementos de reflexión que atrapan y redirigen la luz a partir de reflectores solares que incrementan la iluminación natural (Figura 37).

Debido a la orientación del edificio, el funcionamiento de los reflectores se limita a algunas horas del día en cada sitio. Predominantemente las horas de la mañana para sitios ubicados al Este, y las horas de la tarde en sitios ubicados al Oeste.

Los reflectores se sitúan a media fachada, a una altura en la que se asegura su “soleamiento” durante todo el año, pero lo más cerca del fondo posible. Los reflectores se instalan sobre la fachada del edificio en diversas orientaciones para adaptarse al movimiento del sol. Desde esta posición, los reflectores dirigen los rayos del sol sobre las paredes y el fondo del patio.



Figura 37. Reflectores.

3.9.4 FIBRA ÓPTICA.

La fibra óptica es un conductor de ondas en forma de filamento, generalmente de vidrio, aunque también puede ser de materiales plásticos (Figura 38). Este dispositivo es capaz de dirigir la luz a lo largo de su longitud usando la reflexión total interna, con la fuente luminosa, natural o artificial, en un extremo. Las fibras son ampliamente utilizadas en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a gran velocidad, mayor que las comunicaciones de radio y cable. También se utilizan para redes locales. Son el medio de transmisión inmune a las interferencias por excelencia.



Figura 38. Fibra óptica.

3.9.5 HELIÓSTATOS.

Es un espejo plano o ligeramente parabólico de gran extensión formado por varios espejos de menor tamaño, colocados sobre una estructura metálica que permite su movimiento universal para seguir la trayectoria solar a lo largo del día (Figura 39). La radiación recibida por cada uno de los espejos es reflejada a una torre central receptora.

Se utilizan principalmente para observaciones astronómicas y permitir mantener fija la imagen del sol o de un astro sobre el aparato de observación. Además en centrales solares termoeléctricas, para conseguir altas temperaturas captadas por el receptor. En experimentación y pruebas a altas temperaturas, ya que un conjunto grande de espejos de este tipo puede alcanzar temperaturas de más de 2000°C.

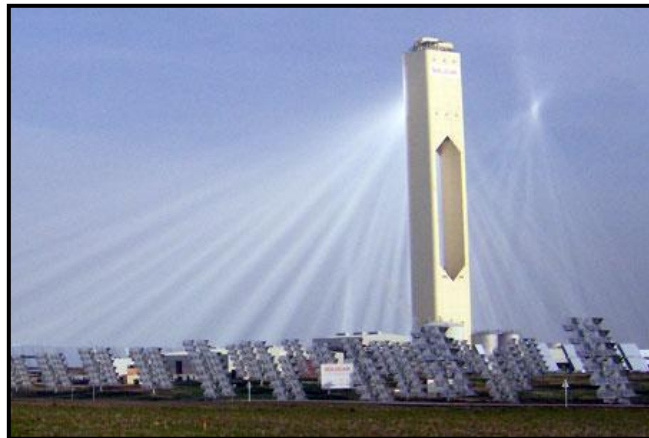


Figura 39. Helióstatos y torre receptora.

3.9.6 CONCENTRADORES SOLARES

La esencia de la tecnología de concentración radica fundamentalmente en la reducción del dispositivo receptor de la radiación solar incidente debido a la posibilidad de concentrar la radiación. El proceso se realiza mediante la Interposición de un dispositivo óptico entre la fuente de radiación y la superficie de absorción capaz de concentrar la radiación incidente sobre una superficie más pequeña que la superficie de entrada. (Díaz Báez, 2009)



Figura 40. Concentradores solares.

3.9.7 ANIDÓLICOS.

Existen diferentes formas de diseñar un sistema anidólico pero las principales son: (Scartezzini & Courret, 2002, p.124).

- Principio del rayo de borde “edge-ray” (Welford and Winston, 1989).
- Método del vector de flujo geométrico (Courret, 1999).

El principio de “edge-ray” requiere que los rayos que penetren la abertura de entrada emerjan por el armazón de la abertura de salida. Un perfil parabólico con un eje paralelo a la dirección θ de entrada y su centro en la abertura de salida logrará este requerimiento. Para completar el dispositivo óptico se debe hacer simétrica la parábola en un sistema bidimensional, ó rotarlo alrededor de su propio eje en el caso de ser tridimensional (Scartezzini & Courret, 2002, p.124).

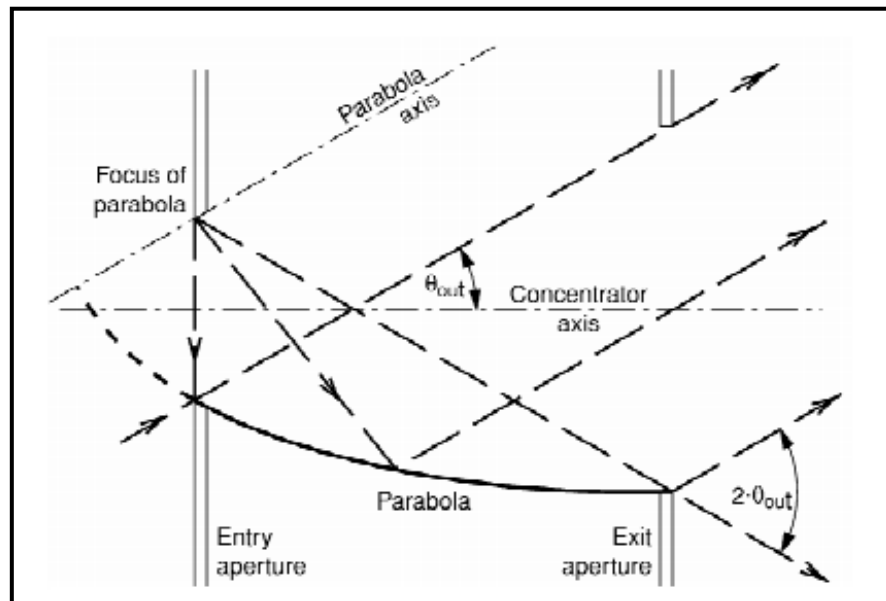


Figura 41. Anidólico.



3.10 CONCLUSIONES.

Después de determinar y analizar las características de los sistemas innovadores de iluminación y cotejarlas con las necesidades y características del caso de estudio, se concluyó que las estrategias a analizar serán:

- Repisa de luz en fachada oeste: debido a su mayor aprovechamiento de luz de sol directa, además de proporcionar sombra a parte de la fachada.
- Anidólico en fachada este: debido a su mejor desempeño con luz difusa.

La tabla 16 detalla un resumen como producto de este capítulo donde se describe su funcionamiento: bajo qué condiciones trabajan mejor; su orientación recomendada; sombra: si producen sombra o no sobre la fachada; y ubicación: dónde se recomienda colocarlas.

TABLA RESUMEN DE SISTEMAS INNOVADORES DE ILUMINACIÓN.

NOMBRE	FUNCIONAMIENTO	IMAGEN	ORIENTACIÓN RECOMENDADA	SOMBRA	UBICACIÓN
PERSIANAS HORIZONTALES	Redirección de luz difusa y directa		Todas	Sí	Interior, exterior o entre cristales
PERSIANAS VERTICALES	Redirección de luz difusa y directa		Este y Oeste	Sí	Interior, exterior o entre cristales
REPISA DE LUZ	Redirección de luz directa.		Todas (diseño apropiado)	Sí	Interior, exterior
REPISAS DE LUZ TRATADAS ÓPTICAMENTE	Redirección de luz directa.		Todas (diseño apropiado)	Sí	Interior, exterior
ANIDÓLICOS	Redirección de luz difusa		Todas	Sí	Interior exterior



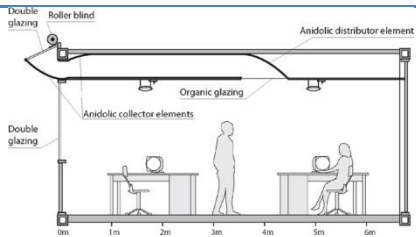
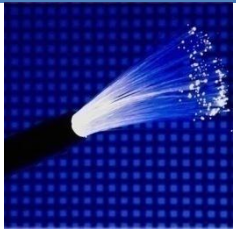

PANEL CORTADO CON LÁSER	Redirección de luz directa		Todas (diseño apropiado)	Sí	Fijos dentro de los cristales o externos
DUCTOS LUMÍNICOS	Transporte de luz directa		Cubierta	No	Cualquiera
TECHO REDIRECCIÓN DE LUZ	Transporte de luz directa		Todas	No	Exterior interior
FIBRA ÓPTICA	Transporte de luz directa		Cubierta para helióstato que concentre luz	No	Exterior interior
COLECTORES DE SEGUIMIENTO SOLAR	Redirección de luz difusa		Este y Oeste	No	Exterior

Tabla 16. Resumen de Sistemas Innovadores de Iluminación. Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

ESTADO DEL ARTE

4.1 Introducción

4.2 Objetivo

4.3 Metodología

4.3.1 Palabras clave

4.3.2 Fuentes consultadas

4.4 Búsqueda 1

4.4.1 Control of visual conditions for open-plan offices.

4.4.2 Illuminance-based slat angle selection model for automated control of split blinds.

4.4.3 An analysis of daylighting performance for office buildings in Hong Kong

4.5 Búsqueda 2

4.5.1 Performance of anidolic daylighting systems in tropical climates

4.5.2 Visual discomfort and glare rating assessment of integrated daylighting and electric lighting systems using HDR imaging techniques

4.5.3 Anidolic daylighting systems.

4.6 Fuentes más importantes

4.7 Factores a considerar

4.8 Resultados

4.9 Evaluación en modelos a escala

4.9.1 Introducción

4.9.2 Elaboración del dispositivo experimental

4.9.3 Mediciones en cielo real y cielo artificial

4.9.4 Mediciones

4.9.5 Presentación de resultados

CAPÍTULO 4

4.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se presentan el proceso y los resultados de la revisión bibliográfica sobre investigaciones de sistemas innovadores de iluminación. Se realiza una descripción general de los artículos científicos, los autores y países con más publicaciones. Luego se realiza la descripción de artículos específicos sobre repisas de luz y anidólicos que son la base de la metodología seguida en esta investigación.

4.2 OBJETIVO.

El objetivo principal en **esta etapa** del trabajo es conocer las publicaciones realizadas en anteriores investigaciones experimentales similares dentro del área del conocimiento que nos compete.

El secundario es determinar los parámetros a considerar para elegir un dispositivo innovador de alta eficiencia.

4.3 METODOLOGÍA.

Métodos: procedimiento o conjunto de procedimientos que sirven de instrumento para alcanzar los fines de la investigación. (Clasificación de los Métodos de Investigación).

1. Determinación de palabras claves para delimitar la búsqueda.
2. Búsqueda en diferentes bases de datos.
3. Selección de la base de datos con resultados más idóneos.
4. Elección de artículos en la base de datos escogida.
5. Especificar los autores, países y metodologías más usadas en los trabajos investigados.

4.3.1 PALABRAS CLAVE.

Para circunscribir el área de interés, que puede resultar muy amplia, se utilizaron palabras claves precisas.

Palabra clave	Science categories	N. Artículos	Año más publicado	Autor con más publicaciones	País con más publicaciones
Daylighting System	Construction building technology.	148	2008	Andersen M.	USA
Daylighting Evaluation	Construction building technology.	62	2008	LI DHW	CHINA

Tabla 17. Palabras Clave. Elaboración propia.

4.3.2 FUENTES CONSULTADAS.

Base de datos Web of Science.

Aunque la investigación se limitó a una sola base de datos, es una manera válida de saber cuántas publicaciones promedio se realizan en revistas y congresos indexados sobre este tema.

4.4 BÚSQUEDA I. DAYLIGHTING SYSTEM

Se encontraron artículos sobre “sistemas de iluminación natural” desde 1989. Las publicaciones sobre este tema comenzaron a incrementarse desde 2001. Los artículos suman en total 148.

AUTORES, PAÍSES Y AÑOS CON MÁS PUBLICACIONES.

El autor con más número de publicaciones es Andersen Marilyne, Maestra en Física y especializada en iluminación natural por su PhD en Física de edificios. Trabaja en la Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Suiza.

El país que más ha publicado al respecto es Estados Unidos, con 34 artículos en total.

El año con mayor número de publicaciones es el 2008 con 24.

AUTORES	NÚMERO DE PUBLICACIONES	% DE 148
Andersen M	9	6,08%
Carter DJ	8	5,40%
Kim Jeong Tai	7	4,73%
Kim JT	7	4,73%
Carter D J	6	4,05%
Kim G	5	3,37%
PAÍS	NÚMERO DE PUBLICACIONES	% DE 148
USA	34	22,97%
Korea del Sur	18	12,16%
Inglaterra	16	10,81%
Canadá	12	8,10%
China	10	6,75%
Alemania	9	6,08%
AÑO	NÚMERO DE PUBLICACIONES	% DE 148
2008	24	16,21%
2011	23	15,54%
2009	17	11,48%
2006	16	10,81%
2010	13	8,78%
2005	11	7,43%

Tabla 18. Autores, Países y Años con más publicaciones en búsqueda I.
Elaboración propia.

RESULTADOS I.

Los artículos más relevantes son:

N.	TITULO	AUTOR	AÑO
1	Control of visual conditions for open-plan offices	Leclercq, M; Arnal, E; Anthierens, C; Bideaux, E	2011
2	Illuminance-based slat angle selection model for automated control of split blinds	Hu, J; Olbina, S	2011
3	An analysis of light-pipe system via full-scale measurements	Li, DHW; Tsang, EKW; Cheung, KL; Tam, CO	2010
4	An analysis of daylighting performance for office buildings in Hong Kong	Li, DHW; Tsang, EKW	2008
5	Optimizing performance of the lightshelf by modifying ceiling geometry in highly luminous climates	Freewan, AA; Shao, L; Riffat, S	2008
6	Tubular guidance systems for daylight: UK case studies	Carter, DJ	2008

Tabla 19. Resultados I. Elaboración propia.

4.4.1 CONTROL OF VISUAL CONDITIONS FOR OPEN-PLAN OFFICES. CONTROL DE CONDICIONES VISUALES PARA OFICINAS DE PLANTA LIBRE.

AUTORES: Maximilien Leclercq, Etienne Arnal, Cédric Anthierens, Eric Bideaux.

PAÍS: Francia.

RESUMEN.

El objetivo de esta investigación es emplear la mayor cantidad de luz natural posible para minimizar el consumo de luz eléctrica en edificios de actividad terciaria.

Se propone el uso de un sensor inteligente que calcule el confort visual en plantas libres controlando el movimiento de las persianas dependiendo de la intensidad de luz exterior y las necesidades interiores.

Se logró el control de condiciones visuales y el menor uso de iluminación artificial. (Leclercq, et al., 2011)



4.4.2 ILLUMINANCE-BASED SLAT ANGLE SELECTION MODEL FOR AUTOMATED CONTROL OF SPLIT BLINDS.

SELECCIÓN DE UN MODELO DE CONTROL AUTOMATIZADO DE PERSIANAS, BASADO EN LA ILUMINANCIA DEL ÁNGULO DE LA LAMA.

AUTORES: Jia Hu, Svetlana Olbina

PAÍS: ESTADOS UNIDOS.

RESUMEN.

Esta investigación desarrolló un modelo (ISAS) para persianas que predice los ángulos de las lamas logrando el diseño de la iluminancia interior en un espacio. El modelo fue construido en base a una serie de multi-capas networks neurales (ANNs). Los valores para calibrar el modelo fueron obtenidos del software EbergyPlus.

El resultado es un método para el control de persianas y de esta manera calcular la iluminación dentro de un espacio. (Hu & Olbina, 2011)

4.4.3 AN ANALYSIS OF DAYLIGHTING PERFORMANCE FOR OFFICE BUILDINGS IN HONG KONG

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LA LUZ NATURAL EN EDIFICIOS DE OFICINAS EN HONG KONG.

AUTORES: Danny H.W. Li, Ernest K.W. Tsang

PAÍS: China.

RESUMEN.

Investigación sobre las principales variables que afectan la luz natural al interior de un edificio de oficinas. El estudio se realizó en 35 edificios en la ciudad de Hong Kong usando técnicas computarizadas de simulación.

La conclusión es que las 5 variables más importantes a considerar en iluminación natural en edificios de oficina son: área del edificio, orientación, tipo de acristalamiento, mecanismos que sombrean y color de la superficie externa. (Li & Tsang, 2008)

4.5 BÚSQUEDA II DAYLIGHTING EVALUATION.

Los artículos escritos acerca de este tema comenzaron a publicarse en el año de 1991 y suman en total 62.

AUTORES, PAÍSES Y AÑOS CON MÁS PUBLICACIONES.

El autor con más publicaciones es el Dr. Danny Hin-wa LI de la Universidad de Hong Kong con 7 artículos.

El país con mayor número de publicaciones es China.

El año con más número de publicaciones es el 2008 con 10 artículos.

AUTORES	NÚMERO DE PUBLICACIONES	% DE 148
Li Dhw	7	11,29%
Kim Jeong Tai	6	9,67%
Kim JT	6	9,67%
Lam JC	6	9,67%
Bodart M	2	3,22%
Cheung KL	2	3,22%
PAÍS	NÚMERO DE PUBLICACIONES	% DE 148
China	9	14,51%
Korea del Sur	9	14,51%
USA	8	12,90%
Brasil	5	8,06%
Inglaterra	5	8,06%
Alemania	3	4,83%

AÑO	NÚMERO DE PUBLICACIONES	% DE 148
2008	10	16,12%
2010	9	14,51%
2006	6	9,67%
2004	5	8,06%
2011	5	8,06%
2001	4	6,45%

Tabla 20. Autores, Países y Años con más publicaciones en búsqueda II. Elaboración propia.

RESULTADOS II.

Los artículos más relevantes son:

N.	TÍTULO	AUTOR	AÑO
1	Performance of Anidolic Daylighting Systems in tropical climates - Parametric studies for identification of main influencing factors	Linhart, Friedrich; Wittkopf, Stephen K.; Scartezzini, Jean-Louis	2010
2	Visual discomfort and glare rating assessment of integrated daylighting and electric lighting systems using HDR imaging techniques	Borisuit, Apiparn; Scartezzini, Jean-Louis; Thanachareonkit, Anothai	2010
3	Anidolic daylighting systems	Scartezzini, JL; Courret, G	2002
4	Evaluating visual comfort and performance of three natural lighting systems for deep office buildings in highly luminous climates	Ochoa, CE; Capeluto, IG	2006
5	Design and assessment of an anidolic light-duct	Courret, G; Scartezzini, JL; Francioli, D; Meyer, JJ	1998

Tabla 21. Resultados II. Elaboración propia.

4.5.1 PERFORMANCE OF ANIDOLIC DAYLIGHTING SYSTEMS IN TROPICAL CLIMATES PARAMETRIC STUDIES FOR IDENTIFICATION OF MAIN INFLUENCING FACTORS.

DESEMPEÑO DE SISTEMAS ANIDÓLICOS EN CLIMAS TROPICALES.

AUTOR: Friedrich Linhart, Stephen K. Wittkopf b, Jean-Louis Scartezzini.

PAÍS: SINGAPUR.

Este artículo presenta resultados de estudios paramétricos de sistemas anidólicos integrados en el plafón (ADSs), para la identificación de factores importantes al momento de proponerlos.

Los resultados se lograron por medio de la simulación de los espacios en el programa Photopia en el clima de Singapur y se llegó a la conclusión de que estos sistemas pueden llegar a tener una eficiencia del 49%. (Linhart, et al., 2010)

4.5.2 VISUAL DISCOMFORT AND GLARE RATING ASSESSMENT OF INTEGRATED DAYLIGHTING AND ELECTRIC LIGHTING SYSTEMS USING HDR IMAGING TECHNIQUES EVALUACIÓN DE CONFORT VISUAL Y BRILLO DE SISTEMAS INTEGRADOS DE ILUMINACIÓN NATURAL Y ELÉCTRICA UTILIZANDO TÉCNICAS DE IMAGEN HRD

AUTOR: Apiparn Borisuit, Jean-Louis Scartezzini, Anothai Thanachareonkit.

PAÍS: SUIZA.

La integración de iluminación natural y eléctrica en los edificios es un nuevo tema para la comunidad de investigadores de iluminación. Mejora las condiciones de iluminación para los ocupantes del edificio, en especial en las salas de oficina. La iluminación natural puede contribuir de manera significativa a mejorar el confort de los usuarios y el rendimiento visual utilizando una gran variedad de sistemas y componentes nuevos desarrollados en los últimos años.

En esta investigación se instaló un sistema de iluminación natural anidólico combinado con varios aparatos de iluminación eléctricos en una oficina de LESO ubicado en el campus EPFL en Lausanne (Suiza). Tres modos diferentes de iluminación eléctrica: luminarias empotradas (iluminación directa), lámparas de pie (iluminación indirecta) y lámparas de escritorio (tarea de iluminación), fueron considerados para ese propósito. Contrastes e índice de deslumbramiento

en el campo de vista de los ocupantes fueron medidos y comparados, tanto en presencia como en ausencia de luz de día y para diferentes condiciones de cielo. La eficiencia energética de los sistemas eléctricos de iluminación también fue considerada, junto con el aspecto cualitativo de la iluminación, con el fin de delinear los principales rasgos que caracterizan a una integración óptima de los sistemas de iluminación natural y eléctrica. (Borisuit, et al., 2010)

4.5.3 ANIDOLIC DAYLIGHTING SYSTEMS. SISTEMAS ANIDÓLICOS PARA ILUMINACIÓN NATURAL.

AUTOR: Jean Louis Scartezzini, Gilles Courret.

PAÍS: SUIZA.

La óptica anidólica u óptica no formadora de imagen se usó en distintos sistemas de iluminación natural para una óptima recolección y redistribución del componente difuso de la luz natural.

En esta investigación se diseñaron, instalaron y monitorearon 3 diferentes sistemas en módulos de prueba experimentales bajo condiciones de cielo despejado y nublado. Los sistemas instalados fueron: plafón anidólico, sistema anidólico integrado y persianas anidólicas.

El resultado fue una significativa mejora en la iluminación natural, comparada con una fachada de referencia, sobre todo en condiciones de cielo nublado.

Cabe recalcar que esta investigación fue aplicada en climas de Europa Central donde las condiciones de cielo nublado son predominantes. (Scartezzini & Courret, 2002)

4.6 FUENTES MÁS IMPORTANTES.

Después del análisis podemos decir que las fuentes donde más se publica sobre sistemas de iluminación son:

- JOURNAL OF THE ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY
- BUILDING AND ENVIRONMENT
- ENERGY AND BUILDINGS

4.7 FACTORES A CONSIDERAR.

Los artículos expuestos anteriormente nos da una idea clara de cuáles son los parámetros a considerar en momento de analizar la eficiencia de un dispositivo de iluminación natural.

FACTORES EXTERNOS.

Luz reflejada desde la calle y fachadas opuestas.

FACTORES INTERNOS.

- Tamaño y posición de las ventanas.
- Profundidad y forma de los espacios.
- Colores de las superficies interiores.
- Tipo de envolventes (4).

Al definir el caso de estudio y ver su configuración se fueron descartando algunos dispositivos a analizar. Por esto, los artículos que se tomarán de referencia serán acerca de:

- Anidólicos.
- Repisas de luz o light shelves.

4.8 RESULTADOS.

El resultado deseado es clasificar las metodologías usadas en diferentes investigaciones para tener un referentes integral y definir la que se usará en esta investigación. Estos son:

N.	TITULO TESIS	AUTOR	AÑO	METODOLOGÍA APLICADA
1	Anidolic Daylighting Systems.	Jean-Louis Scartezzini and Gilles Courret.	2002	TECHO ANIDÓLICO: Aplicación a modelo real. SISTEMA ANIDÓLICO INTEGRADO: Simulación por computadora. PERSIANAS SOLARES ANIDÓLICAS: Aplicación modelo real.
2	Dependence on solar elevation of the performance of a light shelf as a potential Daylighting Device	Alfonso Soler and Pilar Oteiza	1996	Modelo tridimensional 1:10 y mediciones cada hora representativa.

Tabla 22. Artículos escogidos. Elaboración propia.

4.9 EVALUACIONES EN MODELOS A ESCALA.

Esta investigación evaluará 4 sistemas de iluminación a través de un modelo a escala del caso de estudio propuesto. Para este propósito se tomó como referencia un artículo publicado por Andrea Pattini llamado “*Evaluación de la iluminación natural en edificios. Modelos a escala*”. (Pattini, 2000)



Figura 42. Modelo a escala para iluminación.

4.9.1 INTRODUCCIÓN.

Para poder elegir correctamente una alternativa de diseño es preciso evaluarlas y comparar su desempeño para emplear la más idónea. La elección de una de las alternativas involucra varios aspectos pero se los puede agrupar en dos categorías:

- Comportamiento ambiental: Calidad del ambiente lumínico y su respuesta a la visión humana.
- Comportamiento energético: Cantidad de luz que ingresa al espacio y cómo se distribuye. Posibles reducciones de consumo eléctrico.

Existen varias maneras de evaluación. En esta investigación se utilizó un modelo a escala por las ventajas que este ofrece. El utilizar modelos a escala para la evaluación lumínica tiene una gran ventaja técnica: pueden ser extremadamente confiables (los resultados cuantitativos dependen de la confiabilidad de los equipos fotométricos de medir). Pattini 1995

Cuando el modelo está bien construido, la luz incide y se refleja de la misma manera que lo haría en un local escala 1:1 ya que las ondas electromagnéticas en el espectro visible de luz son extremadamente chicas, van de 380 a 750 nanómetros. (Pattini, 2000)

4.9.2 ELABORACIÓN DEL DISPOSITIVO EXPERIMENTAL.

El dispositivo experimental será un análogo de la realidad por lo que se debe pensar cuidadosamente qué es lo que queremos representar para maximizar la información que se recopilará.

Se recopilará la información usando un sensor fotométrico por lo que éste debe ser proporcional al espacio modelado. Se debe garantizar el fácil posicionamiento del aparato y su fijación en los puntos de medición en los momentos críticos de movimiento.

La escala del modelo es decisiva al momento de las mediciones. Las escalas pequeñas sirven en la etapa preliminar de diseño donde se considerarán la orientación, aberturas y demás. Para este propósito las escalas 1:50 o 1:200 tendrán los detalles necesarios.

“Para las evaluaciones sobre el comportamiento de determinada estrategia de iluminación natural, incluyendo la penetración y distribución de la luz natural, para comparar distintas estrategias. (Escala aproximada 1:20). Para evaluar los detalles o los componentes del espacio (ventanas, vidrios especiales, elementos de sombreado, difusores estantes de luz, etc.) se utilizan modelos más grandes, los que permiten, además de medir y fotografiar, la observación directa. En estos casos las escalas pueden ser inclusive 1:1; lo que permitirá reproducir la mayoría de los detalles sobre los que se necesita información”. (Pattini, 2000)

Las reflectancias de las superficies de un local afectan su iluminación ya que las cantidades de luz natural varían en cada material es muy importante que sus características se representen fielmente, sobre todo en modelos de escala grande. (Fig 43).

Para evaluaciones donde los valores de reflectancia sean muy importantes se puede utilizar dos métodos:

- Por comparación de las superficies que se utilizarán en las maquetas con una cartilla de reflectividades para todos los colores.
- Por medición de la luminancia L y la E de las superficies a utilizar en los modelos para obtener la reflectividad. (Pattini, 2000)

Para evaluar distribución de luz natural las infiltraciones deben ser consideradas y de existir, eliminadas. Se recomienda que todas las uniones de construcción sean tapadas con cinta negra para evitar que la luz entre en el modelo por lugares que no lo haría en la realidad.

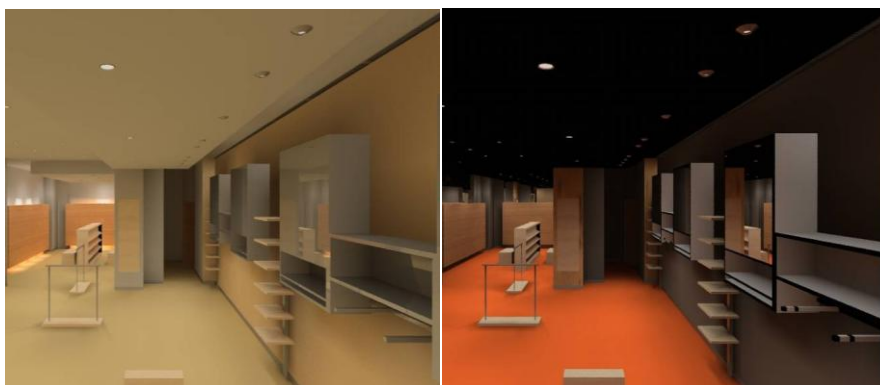


Figura 43. Simulación de diferentes reflectancias e iluminación.

4.9.3 MEDICIONES EN CIELO REAL Y CIELO ARTIFICIAL.

Se sugiere que los modelos se evalúen bajo condiciones de cielo real y cielo artificial.

Las pruebas bajo cielo real son más baratas y más sencillas de llevar a cabo, se hacen las mediciones bajo condiciones similares a las que el edificio en escala real podría tener (dependiendo de dónde se ubique). Si es un proyecto nuevo, las pruebas se pueden realizar en el lugar que se planea construirlo para representar de mejor manera las obstrucciones y reflectancias exteriores. Además de poder observar el comportamiento de la luz solar directa y difusa pudiendo evitar deslumbramientos o discomfort visual.

Para poder colocar el modelo en el ángulo solar correcto, se puede utilizar un heliodón que permita el movimiento y un reloj de sol para determinar la latitud del lugar. (Fig. 44)



Figura 44. Heliodón y reloj de sol en pruebas al exterior.

En mediciones de cielo real generalmente se simulan los meses de junio, septiembre y diciembre a las 9hrs, 12hrs y 15hrs respectivamente. Se recomienda que se tomen mediciones en el mediodía solar, ya que corresponde a la mayor estabilidad de luminancia del cielo. Se debe evitar las condiciones de cielo parcialmente nublado. (Pattini, 2000)

Las mediciones en cielo nublado al exterior deben realizarse en días completamente nublados y en el menor tiempo posible con referencia de la iluminancia exterior inicial y final.

Las mediciones en cielo artificial aseguran un ambiente constante y controlable. Hay dos tipos de cielo artificial, el cielo espejado que simula cielo nublado (Evans, 1998) (Fig. 45) y el cielo abovedado que simula cielo claro.



Figura 45. Cielo artificial espejado.

4.9.4 MEDICIONES

Para medir los niveles de iluminancia en el interior de los modelos se deben usar luxómetros. Si se calculará el factor de día (relación entre la luz incidente en el interior y la luz disponible en el exterior (Pattini, 2000)) es recomendable que el luxómetro tenga un rango de sensibilidad de 1 a 100.000 lux. Para evitar errores se debe tomar en cuenta el nivel del plano de trabajo y el espesor del luxómetro.



Figura 46. Luxómetro con rango de sensibilidad de 1 a 100,000 lux.

4.9.5 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Es recomendable presentar los datos de manera gráfica. Las maneras más difundidas son con una planta del espacio con curvas iso-lux y una sección de valores absolutos (lux) y relativos (factor de día).

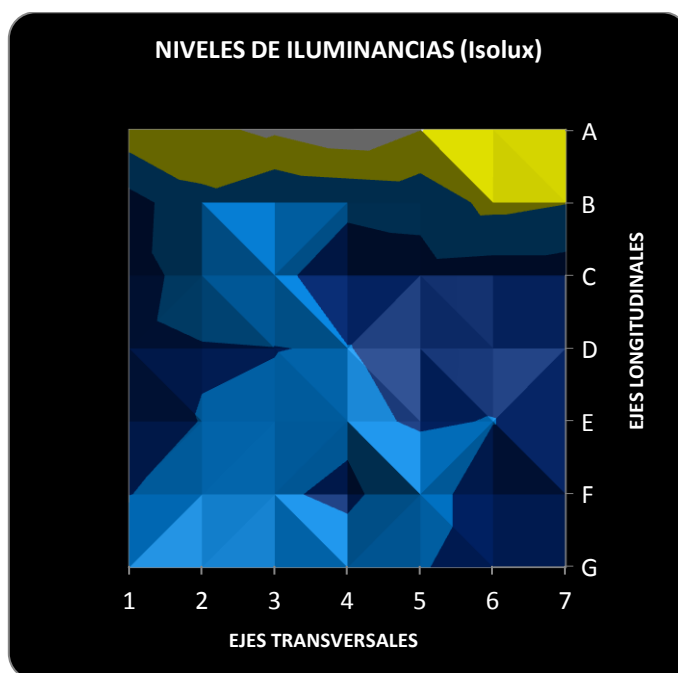


Figura 47. Planta con curvas Iso-Lux



CAPÍTULO 5

CASO DE ESTUDIO Y MARCO EXPERIMENTAL

- 5.1 Tipos De Cielo.
 - 5.1.1 Cielo despejado, abierto o claro.
 - 5.1.2 Cielo parcialmente despejado.
 - 5.1.3 Cielo cubierto.
- 5.2 Condiciones lumínicas en la Ciudad de México.
 - 5.2.1 Nubosidad.
 - 5.2.2 Radiación.
 - 5.2.3 Insolación.
- 5.3 Descripción general del caso de estudio.
 - 5.3.1 Descripción de fachadas.
 - 5.3.2 Descripción del espacio interior.
 - 5.3.3 Obstrucciones en el edificio.
 - 5.3.4 Dimensiones.
 - 5.3.5 Estructura y materiales.
- 5.4 Metodología experimental
- 5.5 Descripción del experimento.
- 5.6 Descripción del dispositivo experimental.
- 5.7 Descripción de los equipos de medición.
- 5.8 Monitoreo
- 5.9 Diagnóstico
- 5.10 Interpretación de resultados sin estrategias
 - 5.10.1 Validación del modelo a escala
 - 5.10.2 Descripción de las estrategias
- 5.11 Interpretación de resultados con estrategias
- 5.12 Tablas comparativas resumen.



Conclusiones.

Recomendaciones

Bibliografía

Curriculum Vitae

CAPÍTULO 5

En este capítulo se explican los tipos de cielo estandarizados y caracterizados por organismos internacionales para detallar las condiciones lumínicas de la Ciudad de México, lugar donde se encuentra el caso de estudio propuesto. Lo anterior, seguido de la descripción del caso de estudio, la metodología empleada para la investigación y la interpretación de resultados.

5.1 TIPOS DE CIELO.

Para entender los parámetros que aquí se exponen, debemos conocer los tipos de cielo estandarizados. Existen 3 tipos:

TIPO DE CIELO	CARACTERÍSTICAS.
Despejado o abierto	La nubosidad no es mayor de 3/10 de cielo cubierto
Medio nublado o medio cerrado	Valores en el rango de 4/10 a 7/10 de cielo cubierto
Cerrado o cubierto	Valores mayores de 7/10 de cielo cubierto

Tabla 23. Tipos de cielo, tabla basada en los tipos de cielo descritos por (Viqueira, 2011)

5.1.1 CIELO DESPEJADO, ABIERTO O CLARO.

Se define como una bóveda celeste que no se encuentra obstruido por nubes. Definido por la CIBSE (estandarización británica) como un cielo no obstruido por nubes. Definido por la IESNA (estandarización norteamericana) como un cielo obstruido en un porcentaje menor al 30%. (Pattini, 2006) Su relación de luminancias es de 1 en el horizonte a 0,5 en el cenit (Figura 48).

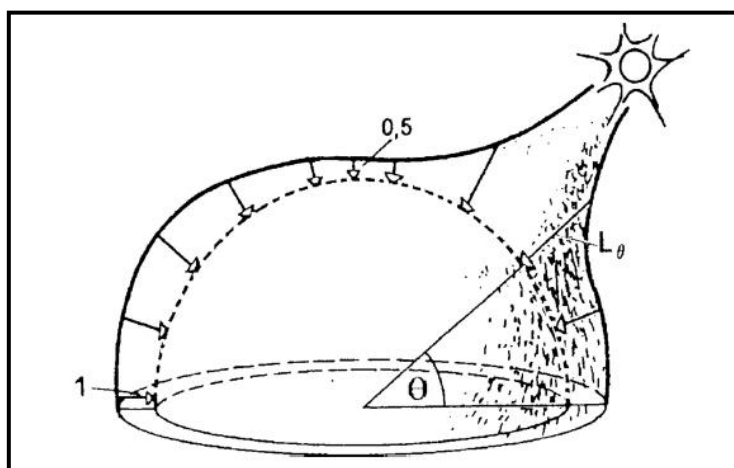


Figura 48. Distribución de luminancia de un cielo claro.

5.1.2 CIELO PARCIALMENTE DESPEJADO.

Presencia de sol y nubes en periodos variables. La iluminancia horizontal exterior puede variar entre 100,000 y 10,000 lux. (Pattini, 2006)

Es el cielo más difícil de predecir.

5.1.3 CIELO CUBIERTO.

Definido por la CIBSE como un cielo cubierto en un 90% por nubes con sol no visible. (Figura 49)

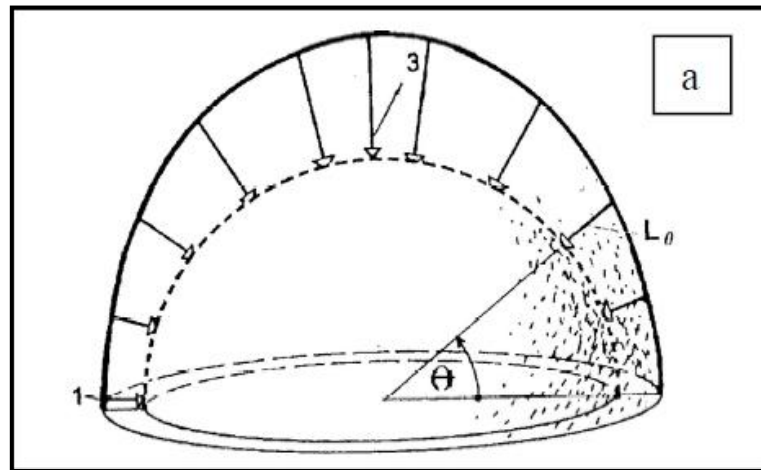


Figura 49. Distribución de luminancia del cielo nublado.

5.2 CONDICIONES LUMÍNICAS EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

Para esta parte del análisis, se tomarán en cuenta únicamente las condiciones de nubosidad, insolación y radiación solar, ya que factores como temperatura no están acotados dentro de esta investigación. Las normales climatológicas son de 1971 al 2000 y fueron obtenidas de la Estación Meteorológica de Tacubaya, que no es la más próxima al caso de estudio pero sí la que cuenta con datos más completos. Los datos de radiación solar fueron tomados de “Cálculo De La Radiación Solar Instantánea En La Republica Mexicana” de Fernández Zayas.

5.2.1 NUBOSIDAD.

Está formada por partículas minúsculas de agua líquida o hielo suspendidas en la atmósfera. Su color varía por la luz.



Este fenómeno es el resultado de dos factores: la condensación del vapor de agua contenido en el aire hasta alcanzar su saturación y la existencia de núcleos de condensación. Las nubes pueden clasificarse por su forma y altura.

La nubosidad se determina de acuerdo con la observación: se miden los décimos de cielo cubiertos por nubes que combinado con el tipo de nube, altura, dirección de movimiento y el número de nubes que se presentan de manera simultánea por hora, se determina el estado del cielo. (Viqueira, 2011)

NUBOSIDAD (N.)

Ciudad de México, TACUBAYA			CLIMA TEMPLADO					LATITUD 19° 23'		LONGITUD 99° 13'		ALTITUD 2309,00	
NUBOSIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NÚM. DÍAS DESPEJADOS	11,20	7,60	9,20	4,60	3,20	2,00	0,80	1,70	3,60	3,30	6,70	8,30	62,20
NÚM. DÍAS MEDIO NUBLADOS	15,60	16,70	18,20	18,40	19,10	9,50	8,50	8,20	5,90	12,2	17,1	16,1	165,50
NÚM. DÍAS NUBLADO/CERRADO	4,20	3,70	3,60	7,00	8,80	18,5	21,7	21,2	20,5	15,5	6,20	6,60	137,50

Tabla 24. Parámetros de Nubosidad de la Ciudad de México. Normales Climatológicas del Observatorio Nacional Periodo 1971-2000.

NUBOSIDAD (%)

Ciudad de México, TACUBAYA			CLIMA TEMPLADO					LATITUD 19° 23'		LONGITUD 99° 13'		ALTITUD 2309,00	
NUBOSIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
% DÍAS DESPEJADOS	36,12	27	29,6	15,3	10,3	6,6	2,5	5,4	12	10,6	22,3	26,7	17,04
% DÍAS MEDIO NUBLADOS	50,32	59,6	58,7	61,3	61,6	31,6	27,4	26,4	19,6	39,3	57	51,9	45,3
% DÍAS NUBLADO/CERRADO	13,54	13,2	11,6	23,3	28,3	61,6	70	68,3	68,3	50	20,6	21,2	37,6

Tabla 25. Porcentajes Mensuales de Nubosidad en la Ciudad de México. Normales Climatológicas del Observatorio Nacional Periodo 1971-2000

TIPO DE CIELO	PREDOMINANCIA EN EL AÑO
Despejado	17,04%
Medio Nublado	45,3%
Nublado	37,6%

Tabla 26. Resumen de Porcentajes Mensuales de Nubosidad en la Ciudad de México.

Fuente: Normales Climatológicas del Observatorio Nacional Periodo 1971-2000

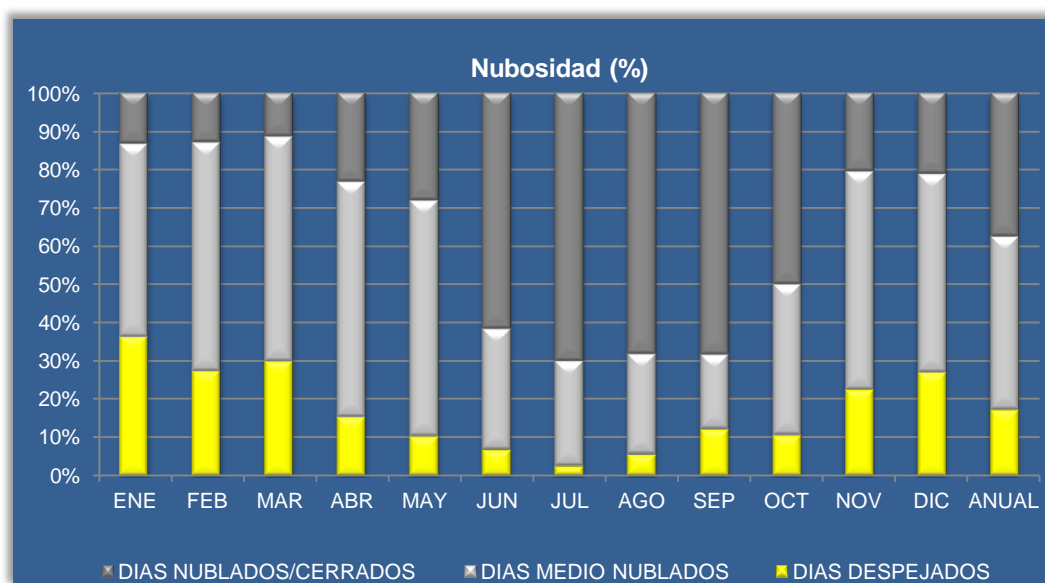


Figura 50. Porcentajes Mensuales de Nubosidad en la Ciudad de México. Normales Climatológicas Del Observatorio Nacional Periodo 1971-2000.

Este parámetro muestra la cantidad de días despejados, medio nublados y nublados para determinar las condiciones de cielo predominantes en los diferentes meses del año.

La condición de cielo predominante que observamos en los datos de las Normales Climatológicas es el nublado, con 137,5 días al año que equivale al 37,6%. Los días medio nublados se presentan alrededor de 165,5 veces durante el año y representan el 45,3%. Los días completamente despejados suman 62,20 que constituyen el 17,04% del total de año (Tablas 24, 25 y 26).

Los meses que cuentan con la mayor cantidad de días nublados son junio, julio, agosto y septiembre. Los representativos en número de días medio nublados son marzo, abril y mayo. Por último, los meses con más días despejados son diciembre, enero y febrero (Figura 50).

5.2.2 RADIACIÓN.

La radiación global es la cantidad total de energía solar medidas en un plano horizontal en la superficie terrestre. La radiación global se forma por dos componentes, uno de radiación directa (I) y la otra la radiación celeste (D). Es expresada en kwh/m².

La cantidad de radiación solar depende de la constante solar, latitud, periodo estacional, partículas en suspensión en la atmósfera, albedo de la superficie terrestre y del clima. Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emanadas por el Sol y medidas en la superficie terrestre, se expresan en Watts sobre m².

La radiación solar es la fuente primaria de energía para procesos dinámicos de la atmósfera global, para la definición de condiciones climáticas y para procesos biológicos naturales. (Ceballos, et al., 2005). México cuenta con una radiación significativa, los meses con mayor radiación solar son marzo, abril y mayo (Tabla 27 y Figura 51).

PROMEDIO DE RADIACIÓN SOLAR DIARIA													
CIUDAD:	CLIMA:							LATITUD	LONGITUD		ALTITUD		
Ciudad de México	TEMPLADO							19° 23'	99° 13'		2309,00		
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MEDIDA EN MJ/m ² -Ddía	17,5	18,5	20,8	21	21	19,4	19,3	18,5	19	16,4	16,1	14,6	18,51

Tabla 27. Promedio de Radiación Solar Diaria en la Cuidad de México. (Almanza, 1992)

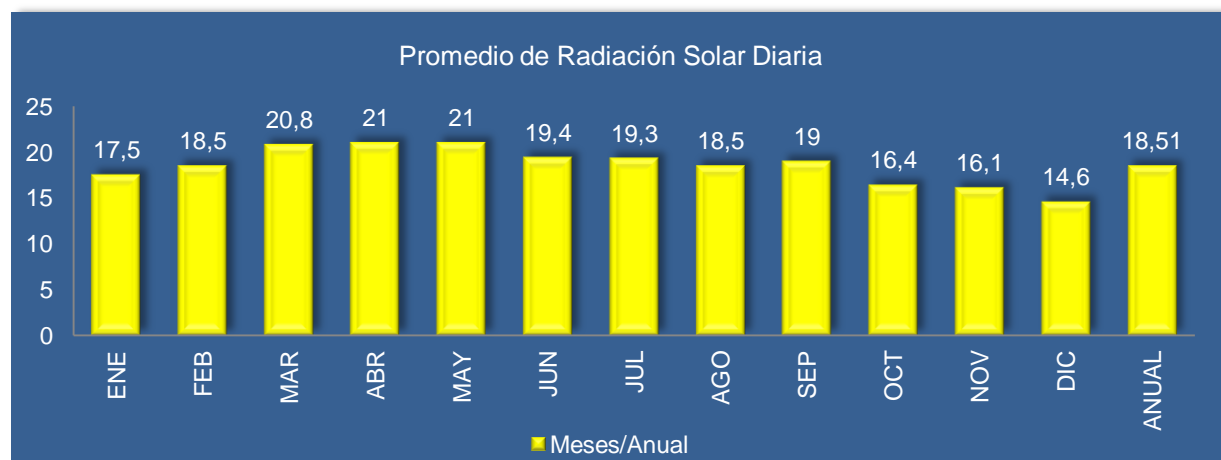


Figura 51. Promedio de Radiación Solar Diaria en la Cuidad de México. (Almanza, 1992)

5.2.3 INSOLACIÓN.

Irradiancia, o energía solar total o global que recibe una superficie, medida como la cantidad de radiación solar incidente sobre un plano por unidad de tiempo, y por unidad de área. (Fernández Zayas & Estrada-Cajigal, 1983)

En este caso la medida es horaria, los meses que sobrepasan las 230 horas son noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril (Tabla 28 y Figura 52).

INSOLACIÓN													
CIUDAD:	CLIMA:							LATITUD:		LONGITUD:		ALTITUD:	
Ciudad de México	TEMPLADO							19° 23'		99° 13'		2309,00	
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
INSOLACIÓN TOTAL (en horas)	240	234	268	232	225	183	176	176	157	194	232	236	2553

Tabla 28. Horas de Insolación en la Ciudad de México. Normales Climatológicas del Observatorio Nacional Periodo 1971-2000

HORAS DE INSOLACIÓN

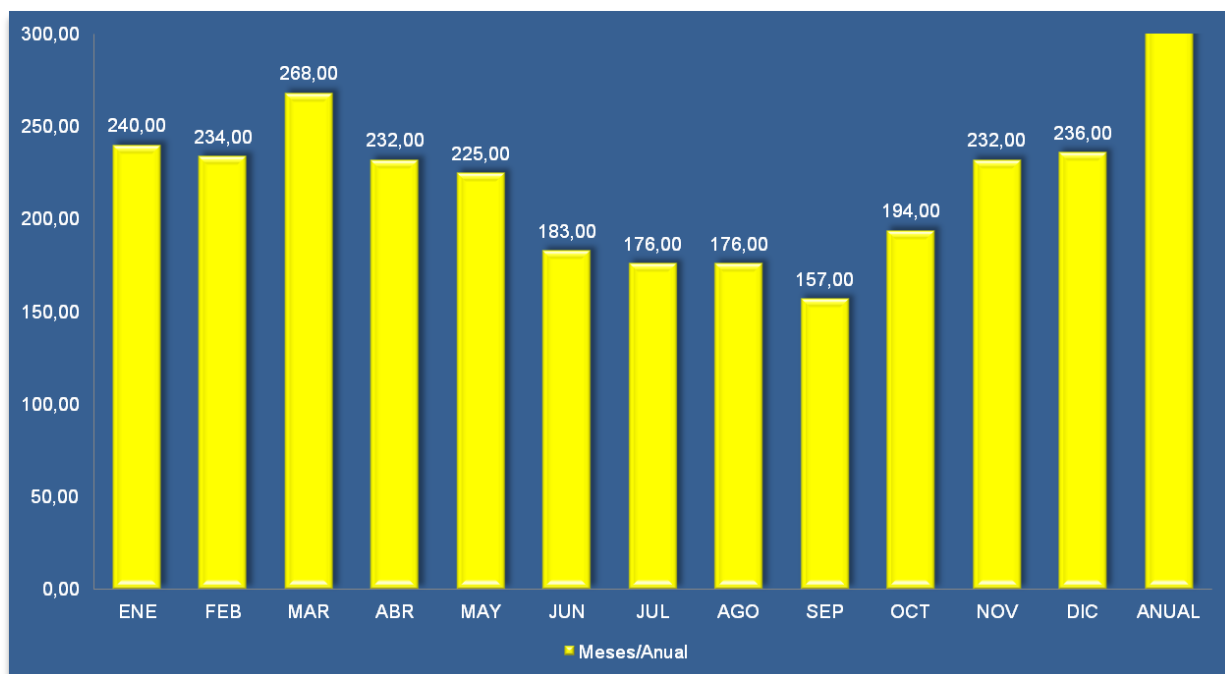


Figura 52. Horas de Insolación en la Ciudad de México. Normales Climatológicas del Observatorio Nacional Periodo 1971-2000.

CASO DE ESTUDIO

5.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio propuesto para esta investigación es un edificio de oficinas, ubicado en la Ciudad de México en la Delegación Tlalpan, en Prolongación Canal de Miramontes 3855, Col. Ex-Hacienda San Juan de Dios, Delegación Tlalpan, C.P. 14387 México, D.F. Con coordenadas 19° 17' 12" N, 99° 8' 13" W (Figura 53).

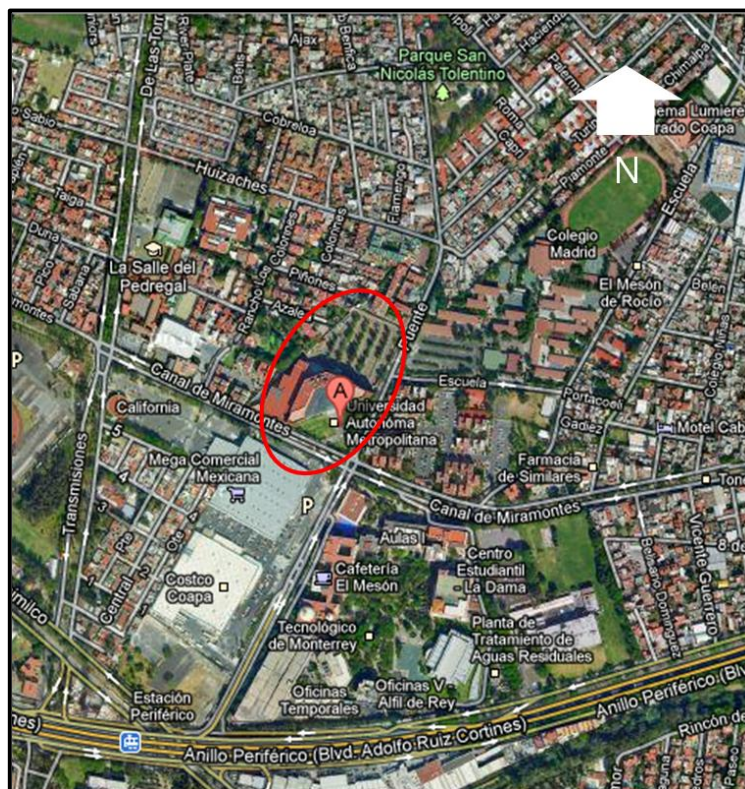


Figura 53. Ubicación de Rectoría General.

El edificio está localizado en la Rectoría de la Universidad Autónoma Metropolitana. Su fachada principal está orientada sureste y su fachada posterior al suroeste (Figura 54).

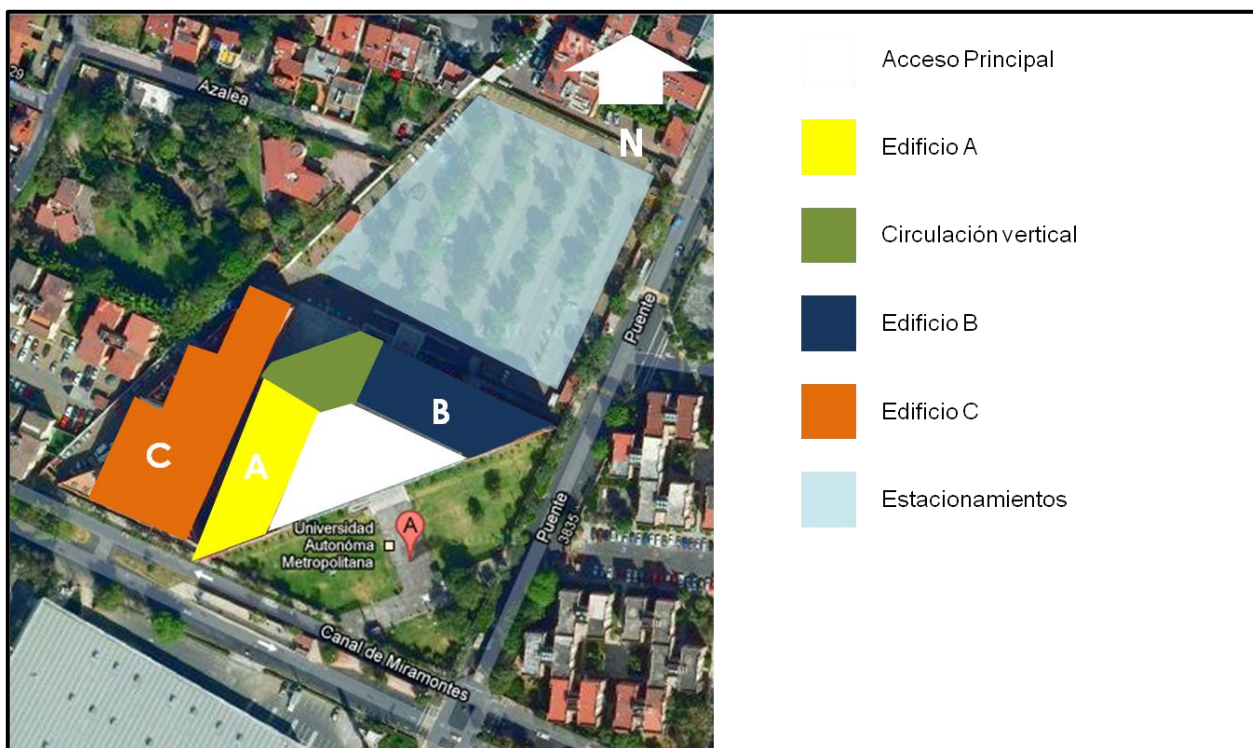


Figura 54. Distribución de Rectoría General.

Los edificios A y B de Rectoría General se dividen en:

PLANTA BAJA: Aulas Capacitación (Edificio A) y Salas de Seminarios (Edificio B).

PRIMER PISO: Dirección de Informática (Edificio A) y Dirección de Sistemas Escolares (Edificio B).

SEGUNDO PISO: Dirección de Recursos Humanos (Edificio A y B).

TERCER PISO: Contraloría (Edificio A) y Tesorería (Edificio B).

CUARTO PISO: Dirección de Planeación y Desarrollo Institucional (Edificio A) y Abogado General (Edificio B).

QUINTO PISO: Secretaría General (Edificio A) y Rectoría General (Edificio B).

El edificio C cuenta con los siguientes espacios:

PLANTA BAJA: Computación, Almacén Central, Comedor, Dirección de Comunicación y Transportes.

PRIMER PISO: Comisiones Dictaminadoras y Dirección de Información.

SEGUNDO PISO: Dirección de obras, Dirección de Deportes y Dirección de Administración.

El espacio seleccionado para la investigación está en el 4to del edificio A y fue elegido por presentar bajos niveles de iluminación, altos niveles de deslumbramiento hacia el poniente

causado por la falta de sombra y el mobiliario color caoba. Además de haber sido el espacio autorizado por la Rectoría General para nuestro acceso.

5.3.1 DESCRIPCIÓN DE FACHADAS.

La **fachada principal** tiene orientación sureste. Cuenta con ventanas corridas sólo interrumpidas por 2 columnas (Figura 55).

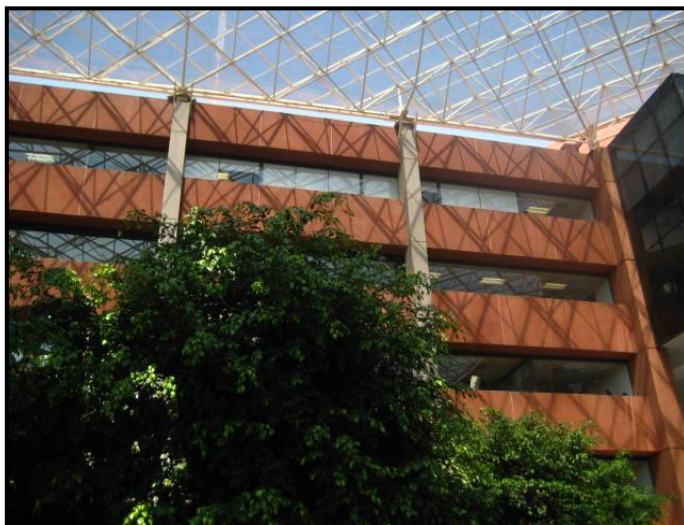


Figura 55. Fachada principal.

La **fachada posterior** tiene orientación suroeste (Figura 56).



Figura 56. Fachada Posterior.

La **fachada lateral izquierda** tiene la misma configuración que la principal y posterior, con 1/3 de la superficie total de vidrio.

La **fachada lateral derecha** colinda con la circulación vertical y cuenta con el mismo tipo de ventanas antes mencionadas.

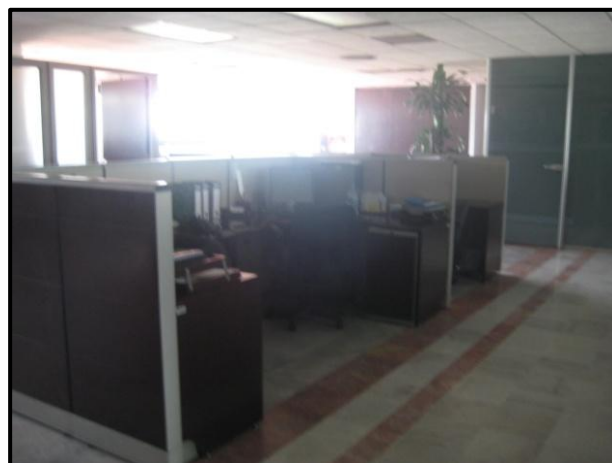
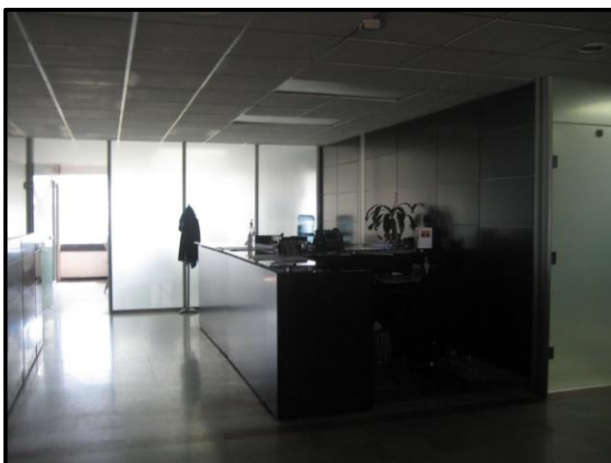


Figura 57. Circulación Vertical.

5.3.2 DESCRIPCIÓN DEL ESPACIO INTERIOR.

El caso de estudio es una planta libre de 68m x 21m con ventanas corridas en las fachadas este y oeste. Cuenta con mobiliario color caoba con reflectancia del 4% lo que contribuye a los bajos niveles lumínicos dentro del espacio y provoca deslumbramiento por el alto contraste de éstos y las zonas iluminadas (Figura 58 y 59).

No todos los puestos de trabajo tienen la misma configuración, de manera general hay dos tipos: con separaciones piso techo y los separaciones a media altura (Figura 60-64).



Figuras 58 y 59. Contraste entre zonas iluminadas y puestos de trabajo de terminado color caoba.



Figuras 60 y 61. Recepción.

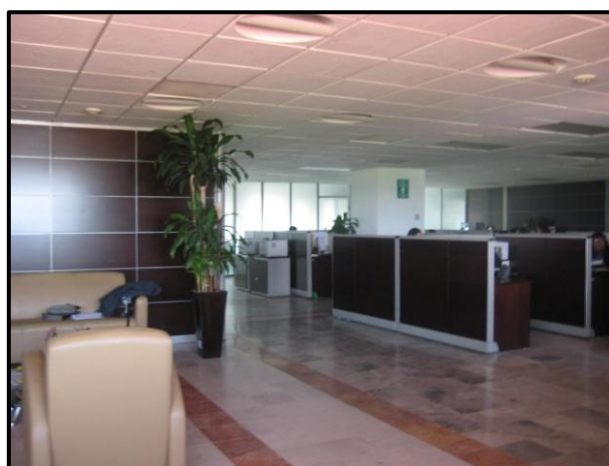


Figura 62. Sala de espera y puestos de trabajo.

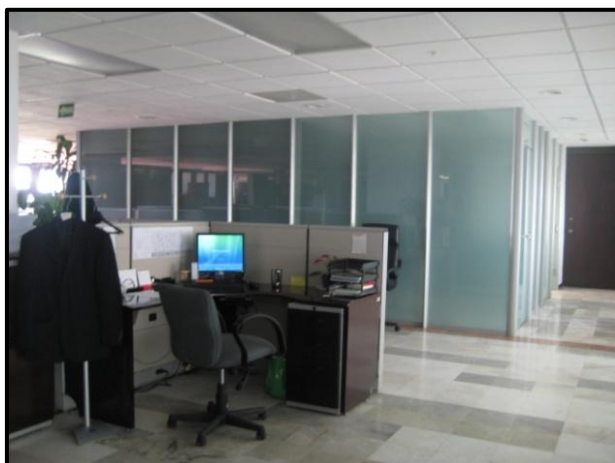


Figura 63. Separaciones a media altura.



Figura 64. Separaciones piso techo.

5.3.3 OBSTRUCCIONES EN EL EDIFICIO.

El caso de estudio está localizado en el 4to piso de las oficinas administrativas de la Rectoría de la Universidad Autónoma Metropolitana sin tener obstrucciones urbanas considerables alrededor, ya que las construcciones inmediatas son de máximo 3 niveles (Figura 65).

Sin embargo tiene obstrucciones arquitectónicas dentro del edificio mismo.

A continuación se detallan las obstrucciones urbanas dentro del recinto:

La obstrucción urbana N. 1 colinda con la fachada oeste y es el edificio C de Rectoría, el mismo que cuenta con 3 niveles. Por lo antes mencionado es descartable.

La obstrucción urbana N. 2 corresponde a la fachada sur, que es la de menor longitud, y pertenece al Mega Comercial Mexicana que se encuentra cruzando la Calle Canal de Miramontes y es un edificio de sólo 2 niveles. Por su poca proximidad es descartable también.

La obstrucción urbana N. 3 se encuentra frente a parte de la fachada sur y este, es el ingreso principal, y cuenta con algunos árboles pequeños.

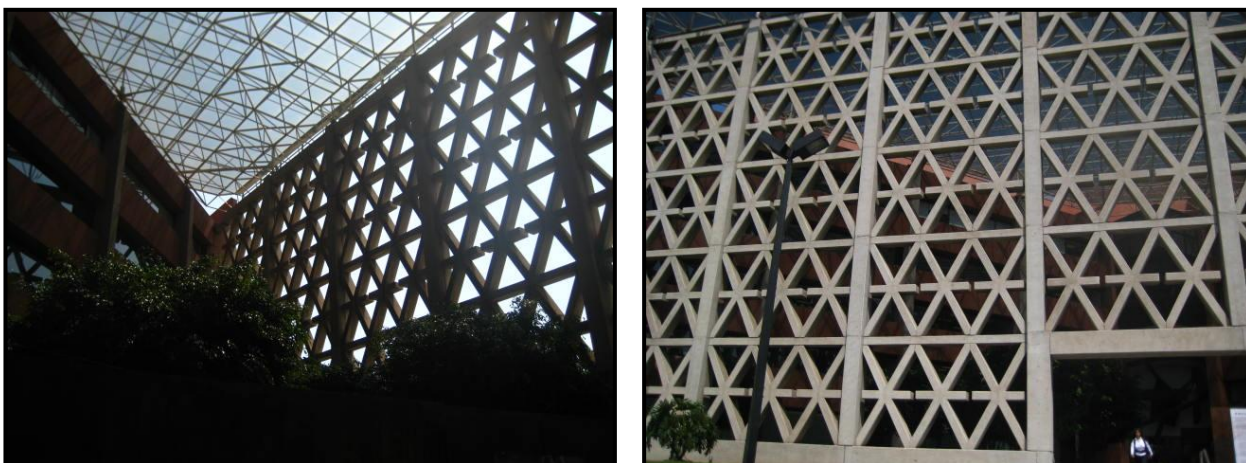


Figura 65. Obstrucciones urbanas.

Como conclusión encontramos que no existen obstrucciones urbanas importantes.

Las obstrucciones que debemos considerar son de tipo arquitectónico y se encuentran dentro del proyecto.

La obstrucción arquitectónica N.1 en la fachada sur y este. Estas son celosías de hormigón que merman la luz considerablemente al interior (Figuras 66 y 67). Estos elementos deberán ser considerados al momento de analizar los datos del experimento.



Figuras 66. Celosías de concreto en el Ingreso Principal de Rectoría General.

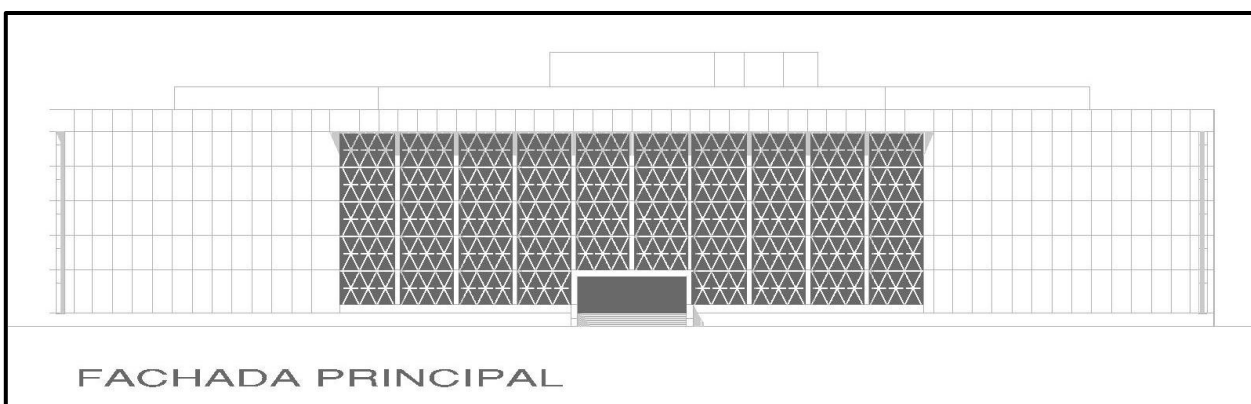
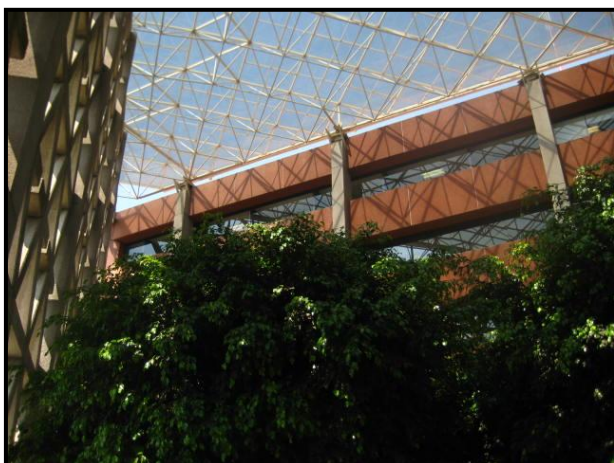


Figura 67. Fachada principal de Rectoría General

La **obstrucción arquitectónica N. 2** es la cubierta de policarbonato que protege el patio interior. Esta también reduce la cantidad de luz natural que ingresa al espacio (Figuras 68-71).



Figuras 68. Cubierta de Policarbonato en el Ingreso Principal de Rectoría General.

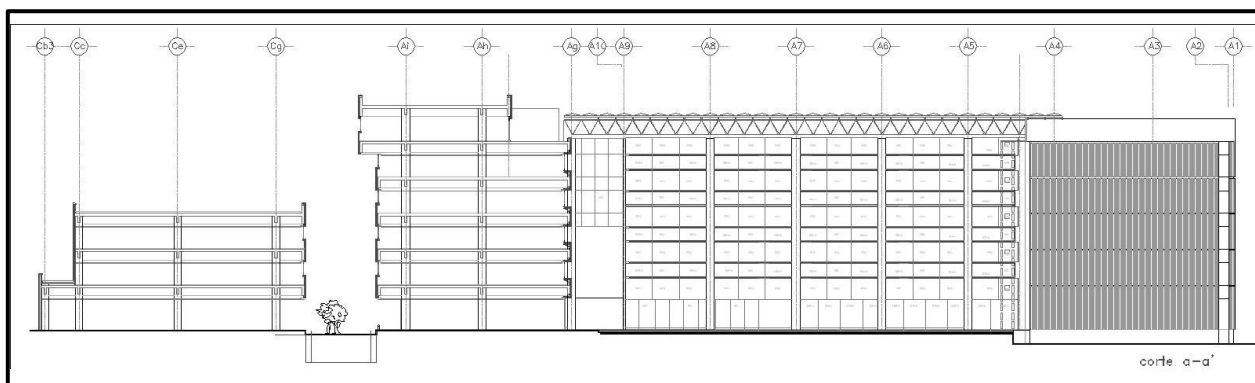


Figura 69. Corte a-a' donde se aprecia la cubierta que protege el patio interior

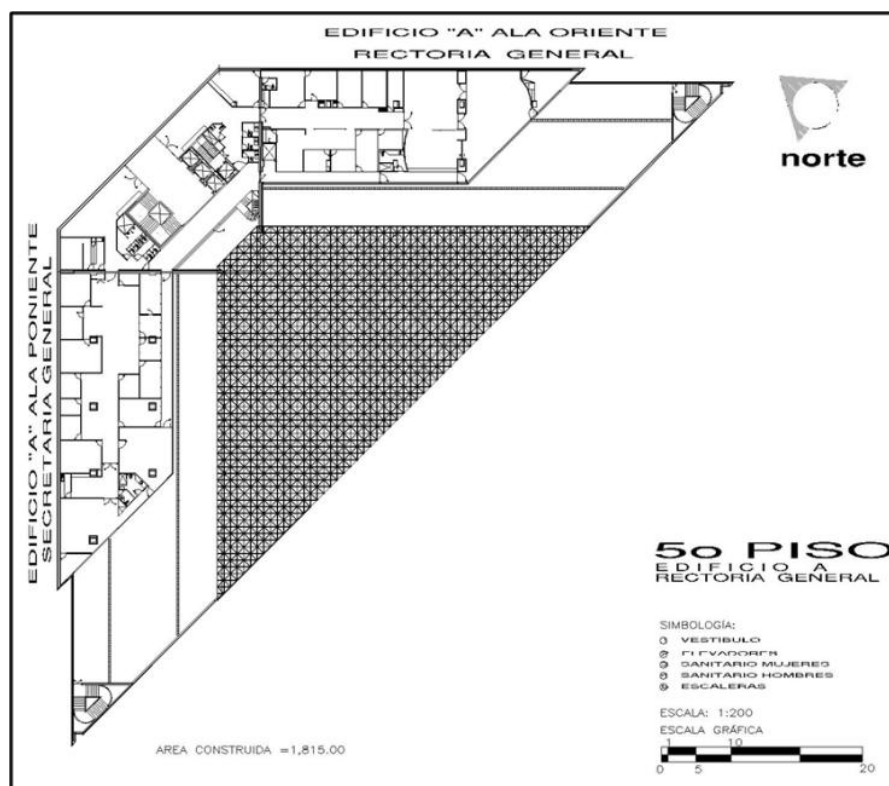


Figura 70. Planta de quinto piso y cubierta.

5.3.4 DIMENSIONES.

Las oficinas de Dirección de Planeación y Desarrollo Institucional ubicadas en el cuarto piso de Rectoría General tienen las siguientes características:

NIVEL: + 17.00 m

- L: 68.14 metros.
- A: 21 metros.
- Entre piso terminado y cielo falso: 2.50m
- Entrepiso: 3.90m

A continuación se adjuntan los planos de la Rectoría General de la UAM (Figuras 71-73). El área dentro del recinto donde está el caso de estudio se encuentra marcada en negro y luego se muestra el plano del 4to piso que es el nivel escogido para el proyecto.

Por tener dimensiones muy extensas (68m x 21m) que son difíciles de manejar a una escala adecuada para realizar las pruebas, se buscó una zona tipo para el estudio.

La zona elegida comprende entre los ejes A y D, y, 9 y 7. Las dimensiones del lugar son de 21,70m x 19,70m lo que nos ayuda a representar este espacio a escala 1.20.

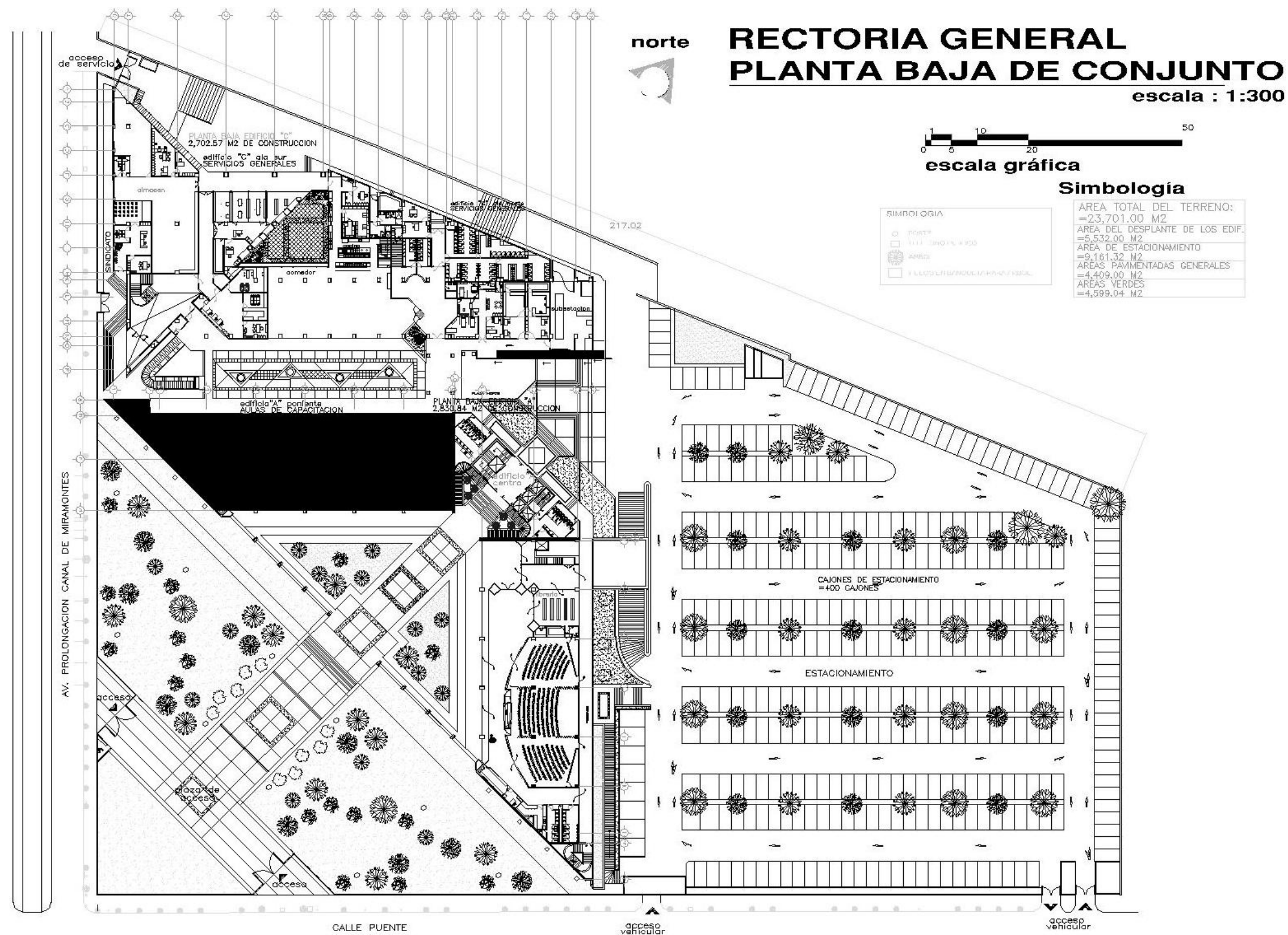


Figura 71. Plano General de Rectoría, ubicando la zona del caso de estudio en negro sólido.

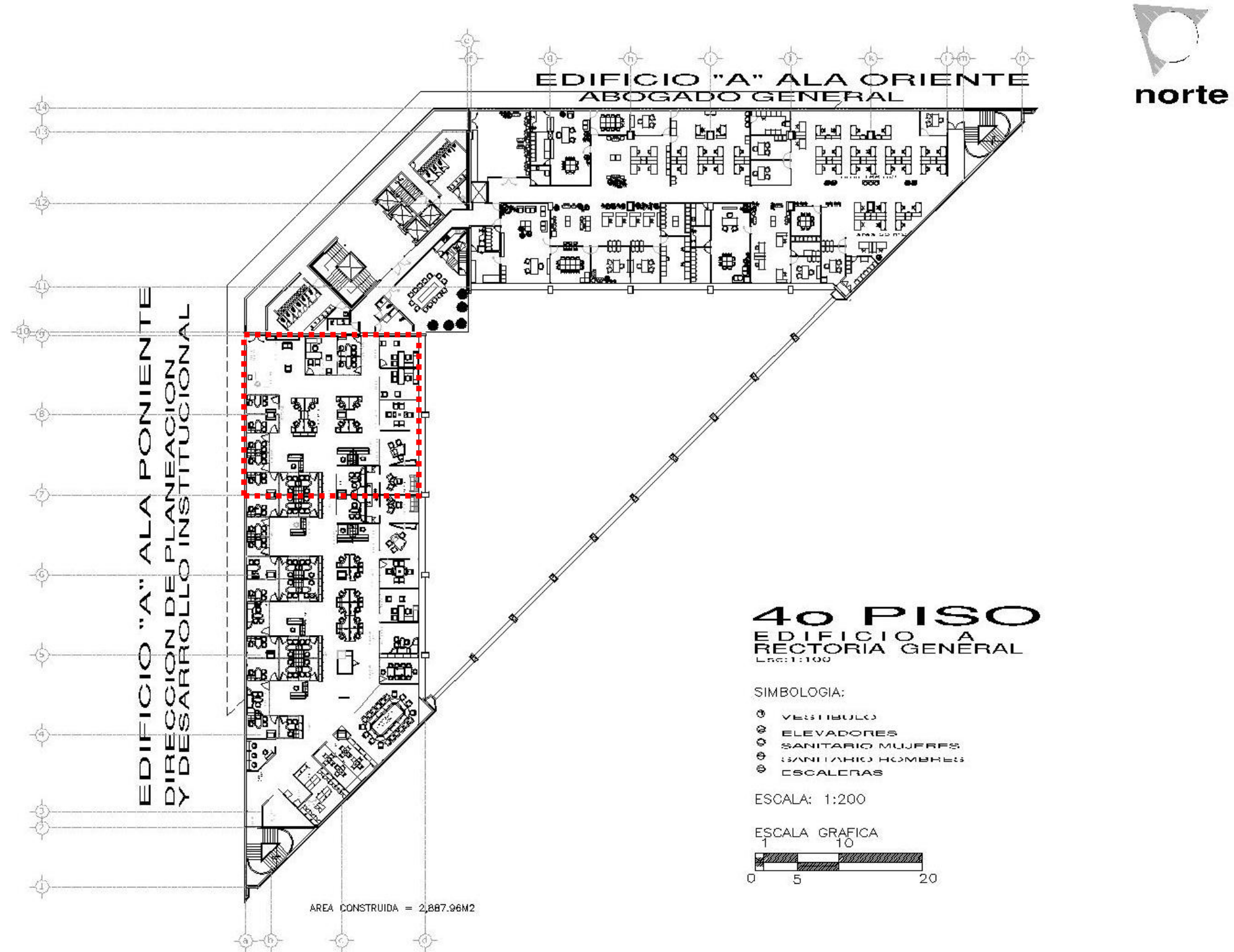


Figura 72. Plano General del Cuarto piso de Rectoría.

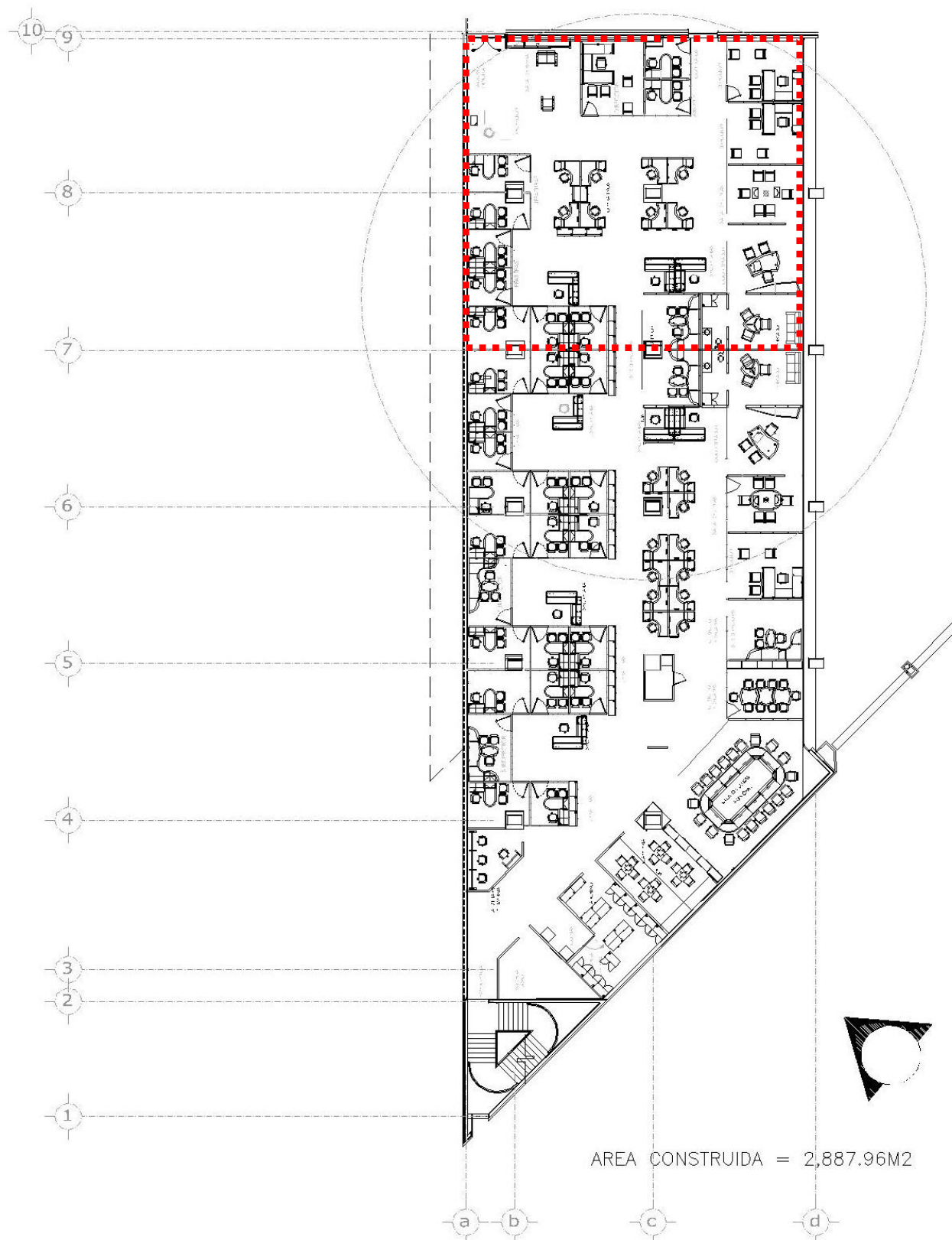


Figura 73. Plano General del Edificio A Cuarto piso, ubicando la zona del caso de estudio en un círculo.

5.3.5 ESTRUCTURA Y MATERIALES.

El edificio es una construcción de concreto con losa reticular de 30 cms y con recubrimiento prefabricado. La cancelería es de color negro en aluminio anodizado con ventilas operables para ventilación en la parte superior e inferior. El cristal es de 6mm. El antepecho está recubierto de lámina porcewol en color blanco (Figura 74 y 75).

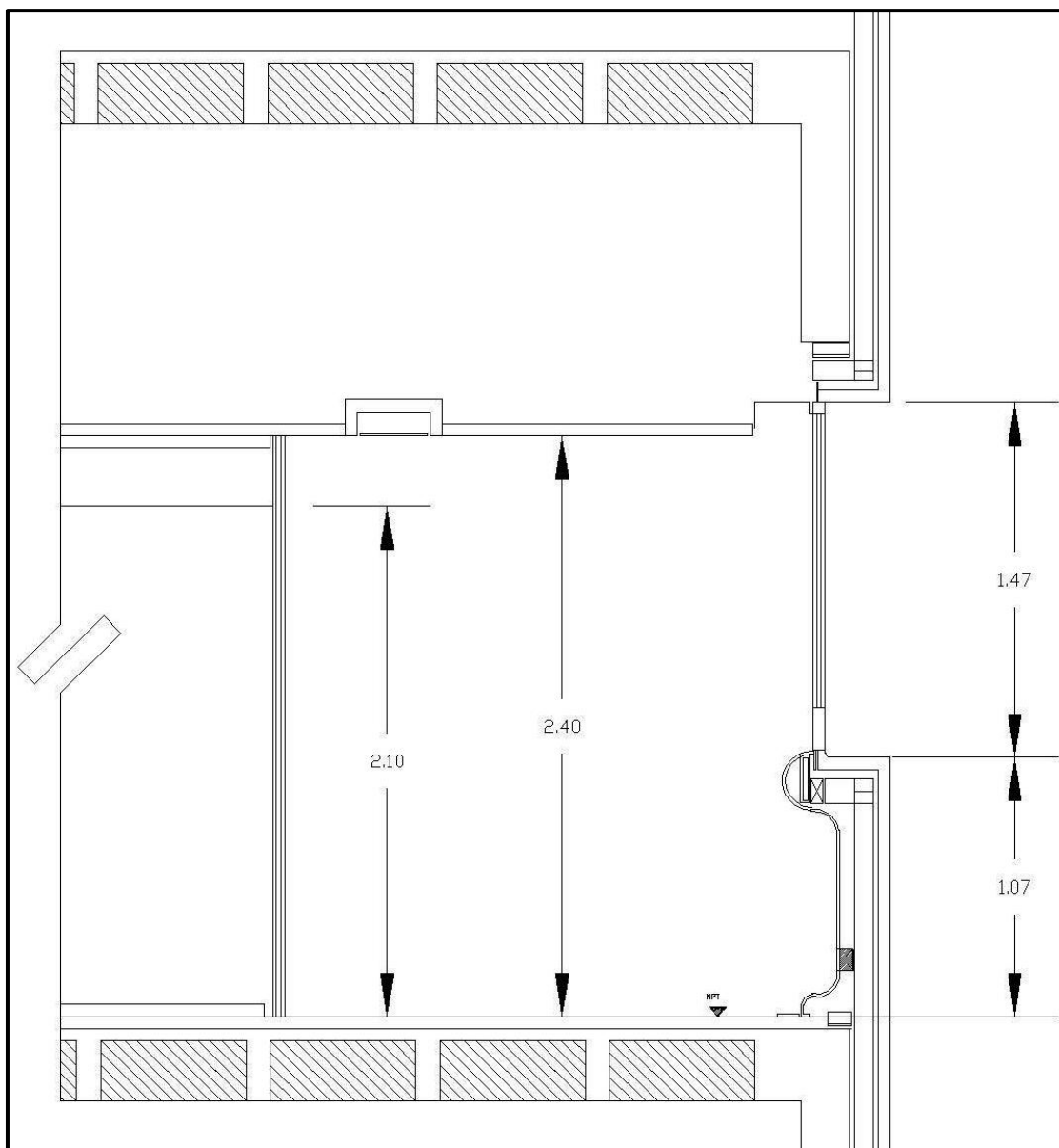


Figura 74. Corte por fachada oeste de Rectoría General.

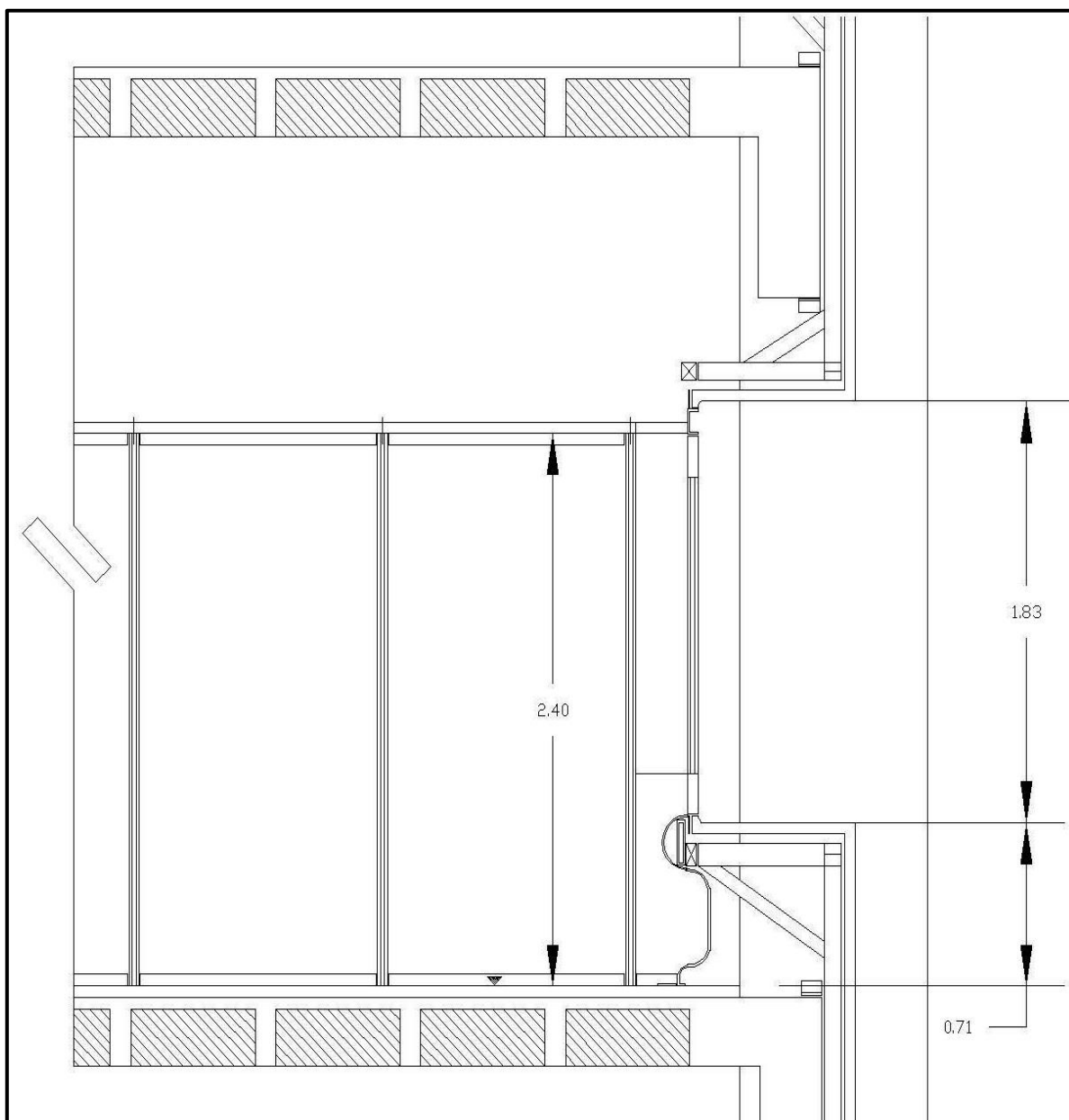


Figura 75. Corte por fachada este de Rectoría General.

5.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.

El experimento tiene dos partes: la primera, de diagnóstico de la situación actual del caso de estudio y la segunda, para evaluar 4 diferentes sistemas lumínicos y determinar cuál de estos tiene mejor desempeño. Los sistemas fueron escogidos en base a las necesidades del caso de estudio y después de una investigación detallada en el marco teórico, estos serán aplicados en un modelo a escala que facilitará su manipulación.



En esta investigación se manejan las siguientes variables:

VARIABLE DEPENDIENTE: Condiciones de luz al interior del espacio.

VARIABLE INDEPENDIENTE: Dispositivos, condiciones de iluminación exterior.

El método a aplicarse en esta investigación es experimental al manipular las dos variables independientes.

Para la primera etapa se siguió el siguiente proceso:

- Levantamiento arquitectónico del edificio.
- Determinación de niveles de reflectancia y transmitancia de materiales en el caso de estudio.
- Análisis del comportamiento lumínico en el caso de estudio.
- Representación de todas las variables en un modelo a escala 1:20.
- Análisis del comportamiento lumínico en el modelo.
- Gráficas de comportamiento lumínico del caso de estudio y el modelo.

En la segunda etapa se realizó:

- Elección de dispositivos que se implementarán en el caso de estudio.
- Análisis del comportamiento del espacio sin estrategia.
- Análisis del comportamiento de sistema 1.
- Análisis del comportamiento de sistema 2.
- Análisis del comportamiento de sistema 3.
- Análisis del comportamiento de sistema 4.

5.5 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.

Como conclusión del capítulo 3 se determinaron los dispositivos a evaluar en el caso de estudio. Estos son 2: repisas de luz en fachada oeste y anidólicos en fachada este. Se propone evaluar estas estrategias con dos materiales diferentes para cada caso; terminado especular y blanco para las repisas de luz y terminado especular y lámina de lente Fresnel para los anidólicos.



El experimento se realizará en el modelo tridimensional bajo 2 condiciones de cielo, la más favorable y la más desfavorable: cielo despejado y cielo nublado (Tabla 29).

(a)	MODELO TRIDIMENSIONAL SIN ESTRATEGIAS
Condición 1	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado VERANO.
Condición 2	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado EQUINOCCIOS.
Condición 3	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado INVIERNO.
Condición 4	Iluminación eléctrica apagada en cielo artificial.
(b)	MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR
Condición 1	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado VERANO.
Condición 2	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado EQUINOCCIOS.
Condición 3	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado INVIERNO.
Condición 4	Iluminación eléctrica apagada en cielo artificial.
(c)	MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO.
Condición 1	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado VERANO.
Condición 2	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado EQUINOCCIOS.
Condición 3	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado INVIERNO.
Condición 4	Iluminación eléctrica apagada en cielo artificial.
(d)	MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA ANIDÓLICA TERMINADO ESPECULAR.
Condición 1	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado VERANO.
Condición 2	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado EQUINOCCIOS.
Condición 3	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado INVIERNO.
Condición 4	Iluminación eléctrica apagada en cielo artificial.

(e)	MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA ANIDÓLICA TERMINADO ESPECULAR Y LENTE FRESNEL.
Condición 1	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado VERANO.
Condición 2	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado EQUINOCCIOS.
Condición 3	Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado INVIERNO.
Condición 4	Iluminación eléctrica apagada en cielo artificial.

Tabla 29. Descripción del experimento.

5. 6 DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO EXPERIMENTAL.

El dispositivo experimental es un modelo a escala 1.20 del caso de estudio. En este modelo se reprodujeron todas las características del espacio como reflectancia, altura y espesor de materiales con la finalidad de lograr las mismas características lumínicas que en el caso de estudio real (Figura 76).

Las dimensiones del modelo son:

L: 0,97m

A: 1,08m

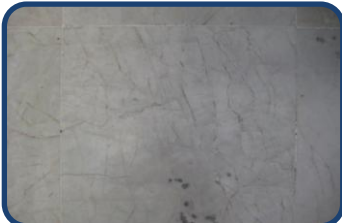
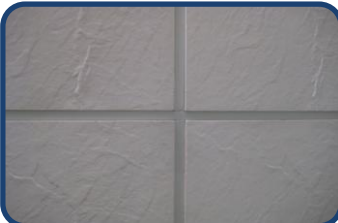






Figura 76. Dispositivo experimental.

A continuación se detallan los materiales usados en el caso de estudio que son los que se representaron en el modelo a escala. Las reflectancias fueron medidas en el sitio determinando la cantidad de luz incidente y la reflejada. La transmitancia fue determinada por el fabricante.

<p>Antepecho lámina Porcewol.</p> <p>Color: Blanco. Reflectancia: 80%</p>	<p>Ventila de aluminio anodizado.</p> <p>Color: Negro. Reflectancia: 37%</p>	<p>Cristal 6mm ventanas perimetrales</p> <p>Transmitancia: 0,87</p>

		
<p>Piso acabado baldosa 30x30</p> <p>Color: Crema</p> <p>Reflectancia: 53%</p>	<p>Piso acabado baldosa 30x30</p> <p>Color: Rojo</p> <p>Reflectancia: 30%</p>	<p>Falso plafón</p> <p>Color: Blanco</p> <p>Reflectancia: 94%</p>
		
<p>Tablero acabado tipo aluminio</p> <p>Color: Gris</p> <p>Reflectancia: 6%</p>	<p>Tablero de madera aparente</p> <p>Color: Caoba</p> <p>Reflectancia: 4%</p>	

5.7 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN.

Para el registro de niveles de iluminación se utilizaron luxómetros Steren HER-410 (Figura 77). Estos dispositivos cuentan con un rango de 0 a 50,000 lux, cumplen con la norma del espacio de color establecido por la Comisión Internacional en la Iluminación.

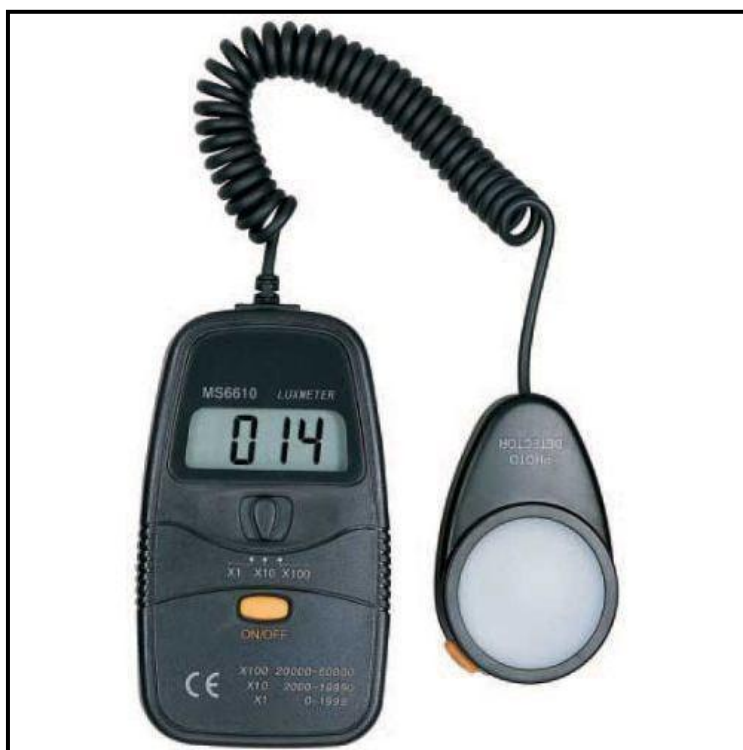


Figura 77. Luxómetro rango 0 a 50,000 lux Steren HER-410.

5.8 MONITOREO.

El monitoreo se realizó para evaluar el desempeño de los diferentes dispositivos propuestos y compararlos con el caso de estudio. Se capturaron los niveles de iluminancia y en base a estos se calculó el factor de día en todos los casos.

Para determinar los puntos de medición en este experimento se tomó como base la NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008 donde se describe señala que cuando se utilice exclusivamente iluminación natural, se debe realizar las mediciones en cada área o puesto de trabajo. (Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, 2008)

Se definieron 40 puntos de medición lumínica para realizar el monitoreo (Figura 78) donde se colocará un luxómetro a la altura del plano de trabajo para la medición con cuidado de no general sombra sobre la fotocelda. La mayoría de puntos perimetrales se encuentran en cubículos con divisiones piso-techo, mientras otras estaciones de trabajo en la parte central sólo cuentan con divisiones a media altura (Figuras 58-64).

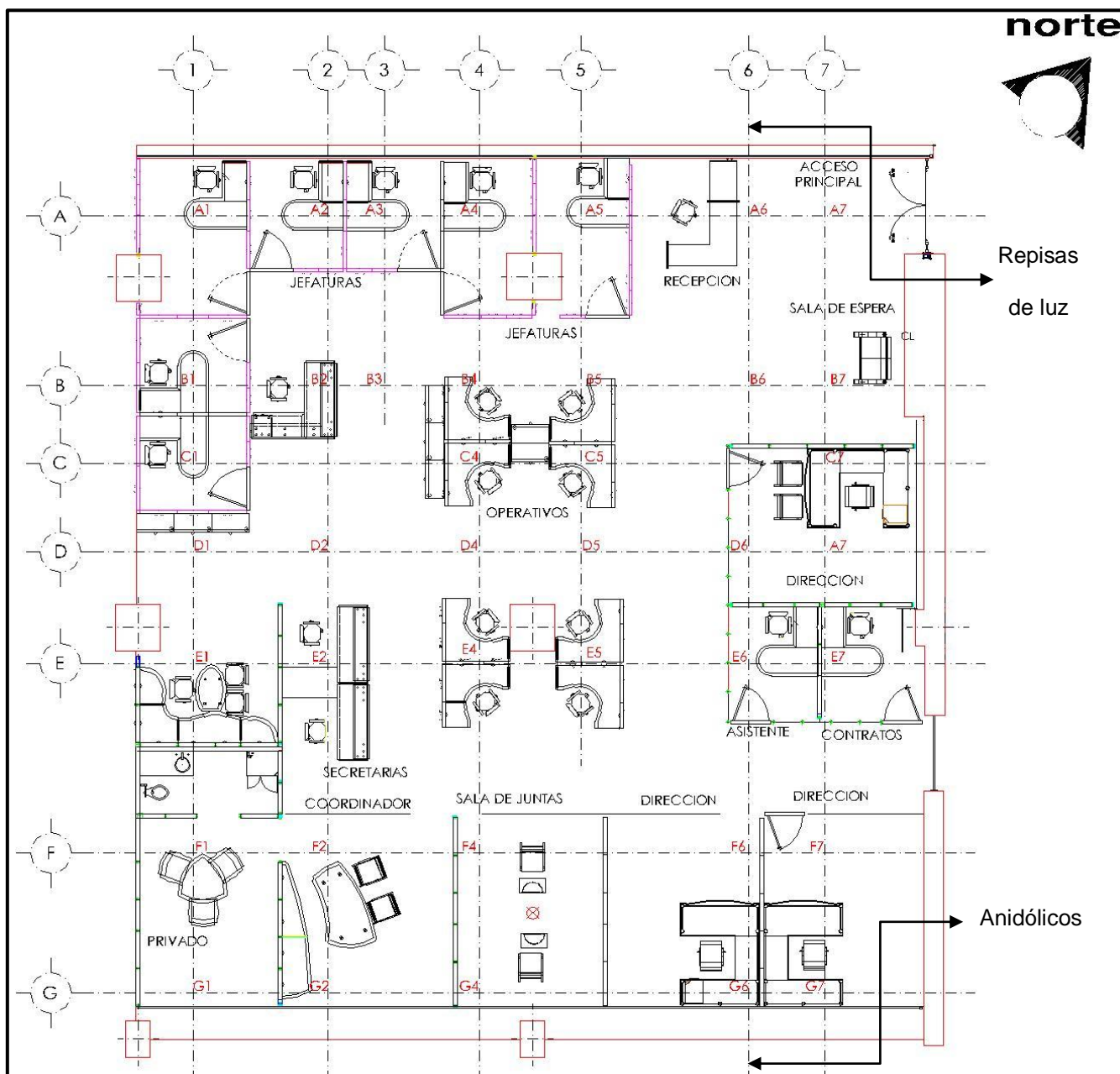


Figura 78. Puntos de medición.

5.9 DIAGNÓSTICO.

Para realizar el diagnóstico del caso de estudio se tomó como referencia la NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008 donde se recomiendan parámetros para reconocer aquellas áreas de trabajo donde exista iluminación deficiente o exceso de la misma. (Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, 2008). Se recomiendan los siguientes pasos:

N.	PASO.
a	Distribución de las áreas de trabajo, del sistema de iluminación (número y distribución de luminarias), de la maquinaria y del equipo de trabajo.
b	Potencia de las lámparas.
c	Descripción del área iluminada: colores y tipo de superficies del local o edificio.
d	Descripción de las tareas visuales y de las áreas de trabajo.
e	Descripción de los puestos de trabajo que requieren iluminación localizada.
f	La información sobre la percepción de las condiciones de iluminación por parte del trabajador al patrón.

Tabla 30. Reconocimiento de las condiciones de iluminación. Datos en base a (Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, 2008)

Para poder comparar el comportamiento del caso real con el de la maqueta se realizó un monitoreo el día lunes 19 de diciembre de 2011 de 10.05am a 11.27am con condiciones de cielo despejado. El monitoreo se llevó a cabo sin el empleo de luz artificial ya que el objetivo era evaluar niveles de iluminancia natural. Los puntos de medición son los descritos en el apartado 5.8.

Como se estableció en el capítulo II, los niveles de confort lumínicos van de 300 a 500 lux, en las gráficas del monitoreo se representa este rango con el color amarillo. El rango entre 0 y 100 lux se representa en azul oscuro, entre 101 y 299 lux el color utilizado es celeste y los niveles mayores de 500 son blancos.

Evaluación:

MEDICIÓN EN CASO DE ESTUDIO

Fecha de la Prueba:	19-Dic-11
Fecha de Simulación:	
Hora de Simulación:	
Hora de Inicio:	10.05am
Hora de Término:	11:27am

Condiciones de Cielo:	Despejado
Iluminancia Horizontal Exterior Inicial:	17,300 lux
Iluminancia Horizontal Exterior Final:	15,100 lux
Iluminancia Horizontal Ext. Promedio:	16,200 lux
Transmitancia del Cristal en Proyecto:	58%

Niveles de Iluminancia Interior (lux)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
10:05 am 11:27 am	A	196	187	225	307	386	297	125
	B	35	260	287	357	370	307	207
	C	47	-	-	348	343	-	26
	D	120	286	-	285	286	26	26
	E	68	504	-	434	534	92	100
	F	523	198	-	260	-	164	256
	G	523	406	-	260	-	343	410

Tabla 31. Niveles de iluminancia interior. Elaborado en base de la hoja de cálculo desarrollada Arq. Julio Rincón.

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
10:05 am 11:27 am	A	1,2	1,2	1,4	1,9	2,4	1,8	0,8
	B	0,2	1,6	1,8	2,2	2,3	1,9	1,3
	C	0,3	-	-	2,1	2,1	-	0,2
	D	0,7	1,8	-	1,8	1,8	0,2	0,2
	E	0,4	3,1	-	2,7	3,3	0,6	0,6
	F	3,2	1,2	-	1,6	-	1,0	1,6
	G	3,2	2,5	-	1,6	-	2,1	2,5

Tabla 32. Factor de día. Elaborado en base de la hoja de cálculo desarrollada Arq. Julio Rincón.

En los niveles de iluminancia interior se aprecia que varios puntos de las filas A, B y C están dentro del rango de confort y varios otros del eje G están por encima del rango de confort

(Figura 80), el resto del espacio está por debajo de lo recomendado (Tabla 31). Los niveles más bajos se presentan en los puntos C1, C7, D6, D7 y E1, por ser los puestos de trabajo con divisiones modulares piso techo, estos lugares sólo pueden funcionar apropiadamente con luz artificial (Figura 79).

En el caso del factor de día, 10 puntos de medición tienen menos del 1% lo que significa que sólo el 1% de la iluminancia exterior alcanzó el plano de trabajo en esos puntos, porcentaje preocupantemente bajo (Tabla 32).

La conclusión general es que el caso de estudio cuenta con niveles bajos de iluminancia por lo que el consumo de luz eléctrica es alto.



Figura 79. Oficina ubicada en el punto E1



Figura 80. Oficina ubicada en el punto G2

5.10 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS SIN ESTRATEGIAS.

Como se señala en el apartado 5.8 se definieron 40 puntos de medición a la altura del plano de trabajo. Todos estos puntos fueron medidos bajo las mismas condiciones con diferentes dispositivos, esto significa que se comparará el desempeño de cada dispositivo para determinar el de mejor rendimiento.

Los resultados fueron interpretados con dos parámetros:

- **NIVELES DE ILUMINANCIA.** Los niveles de iluminancia se representan de la siguiente manera en todos los gráficos:

RANGO	COLOR	DESCRIPCIÓN
0- 99 lux	Azul oscuro	Niveles recomendados para circulación o bodegas.
100-299 lux	Azul claro	Niveles recomendados para apreciar detalles toscos o burdos.
300-500 lux	Amarillo	Rango de confort establecido en el capítulo II
>500 lux	Blanco	Riesgo de deslumbramiento.

Tabla 33. Niveles de Iluminancia en ciertos colores.

- **FACTOR DE DÍA (DF).** Es la relación entre la iluminancia interior horizontal y la iluminancia exterior horizontal. En cada gráfica este porcentaje varía considerablemente.

Estos parámetros fueron analizados en el modelo tridimensional bajo las mismas condiciones de cielo variando solamente los dispositivos propuestos.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (a) MODELO TRIDIMENSIONAL SIN ESTRATEGIAS. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	14 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de junio
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	12:27
HORA DE TÉRMINO:	14:06
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	17,800
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	12,700
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	15,250

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	238	238	284	360	360	389	209
	B	17	116	99	209	342	290	191
	C	12	-	-	174	162	17	12
	D	70	128	-	209	296	17	17
	E	17	203	-	261	191	70	81
	F	580	394	-	261	-	313	273
	G	667	777	-	731	-	835	1201
10:00 h	A	197	139	290	423	452	400	238
	B	23	122	110	180	249	290	290
	C	35	-	-	139	133	29	29
	D	58	104	-	139	168	41	46
	E	23	104	-	116	128	87	64
	F	255	191	-	128	-	75	180
	G	493	458	-	290	-	638	568
12:00 h	A	232	191	307	423	487	412	302
	B	17	104	104	145	186	464	255
	C	17	-	-	128	122	35	29
	D	64	104	-	122	145	133	41
	E	35	110	-	122	116	35	46
	F	133	151	-	122	-	93	197
	G	261	325	-	244	-	307	81

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	597	592	806	957	835	1032	464
	B	23	145	139	180	249	621	423
	C	17	-	-	151	162	23	35
	D	104	122	-	145	174	23	46
	E	35	168	-	197	220	58	70
	F	81	133	-	116	-	81	174
	G	151	162	-	220	-	238	284
16:00 h	A	1085	1114	1375	1746	1467	1218	795
	B	46	261	226	336	499	1502	1380
	C	41	-	-	267	302	35	46
	D	168	197	-	238	302	23	35
	E	23	174	-	232	244	35	29
	F	87	186	-	174	-	93	151
	G	128	226	-	110	-	307	81
18:00 h	A	3347	7134	9814	7813	5301	3091	110
	B	46	4483	563	690	725	1711	2303
	C	52	-	-	354	319	35	41
	D	81	296	-	336	307	41	46
	E	58	77	-	87	87	35	29
	F	46	336	-	354	-	157	151
	G	70	336	-	110	-	307	81

Tabla 34. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO

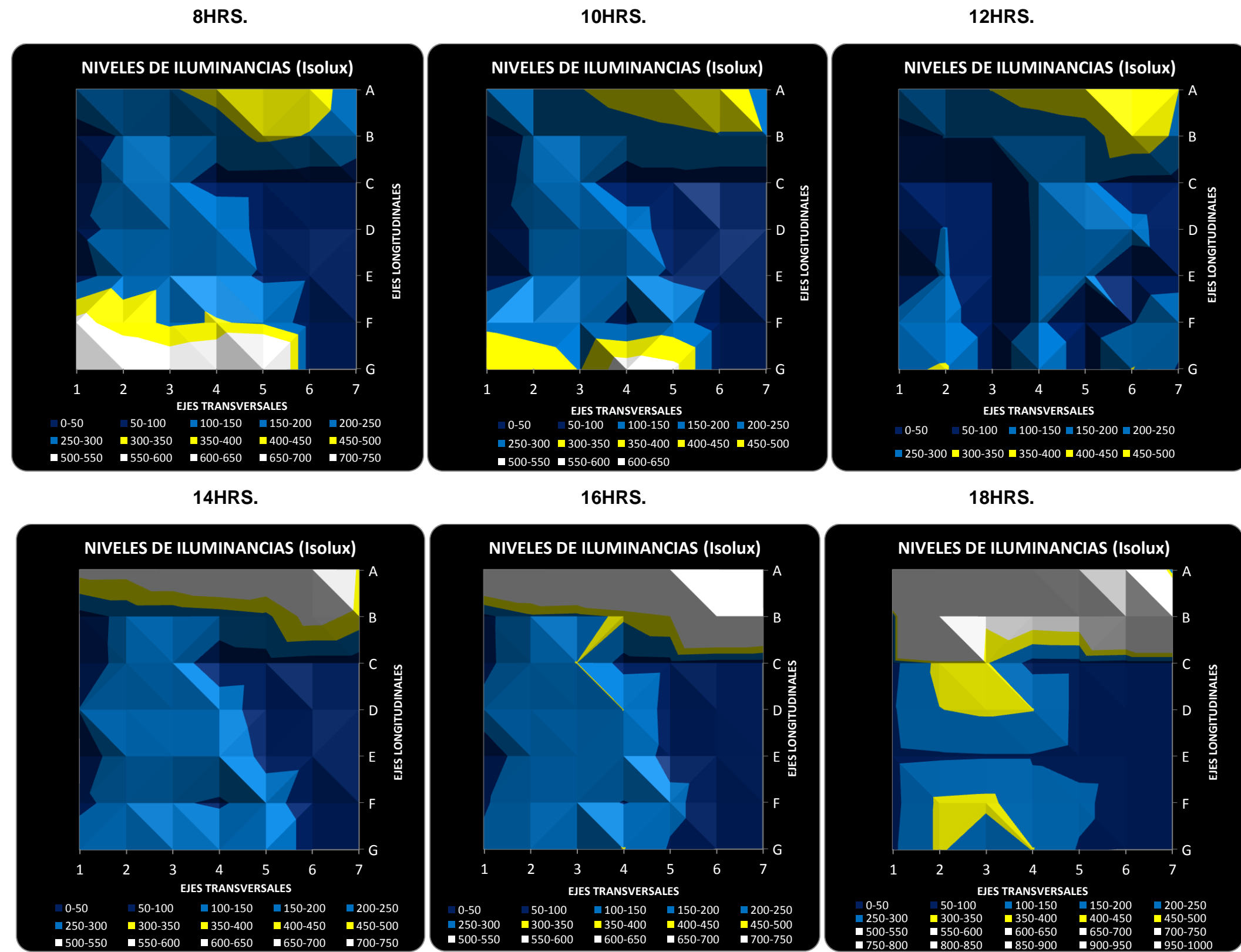


Figura 81. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (a) MODELO TRIDIMENSIONAL SIN ESTRATEGIAS. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	14 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de junio
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

Factor de Día (FD)

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	12:27
HORA DE TÉRMINO:	14:06
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	17,800
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	12,700
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	15,250

Factor de Día(FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	1,2	1,2	1,5	1,9	1,9	2,0	1,1
	B	0,1	0,8	0,7	1,4	2,4	2,0	1,3
	C	0,1	-	-	1,6	1,5	0,2	0,1
	D	0,5	1,0	-	1,6	2,3	0,1	0,1
	E	0,2	2,0	-	2,5	1,9	0,7	0,8
	F	2,5	1,7	-	1,1	-	1,3	1,2
	G	2,9	3,3	-	3,1	-	3,6	5,1
10:00 h	A	1,0	0,7	1,5	2,2	2,4	2,1	1,2
	B	0,2	0,8	0,8	1,2	1,7	2,0	2,0
	C	0,3	-	-	1,3	1,2	0,3	0,3
	D	0,5	0,8	-	1,1	1,3	0,3	0,4
	E	0,2	1,0	-	1,1	1,2	0,8	0,6
	F	1,1	0,8	-	0,5	-	0,3	0,8
	G	2,1	2,0	-	1,2	-	2,7	2,4
12:00 h	A	1,2	1,0	1,6	2,2	2,5	2,2	1,6
	B	0,1	0,7	0,7	1,0	1,3	3,2	1,8
	C	0,2	-	-	1,2	1,1	0,3	0,3
	D	0,5	0,8	-	1,0	1,1	1,0	0,3
	E	0,3	1,1	-	1,2	1,1	0,3	0,5
	F	0,6	0,6	-	0,5	-	0,4	0,8
	G	1,1	1,4	-	1,0	-	1,3	0,3
Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	3,1	3,1	4,2	5,0	4,4	5,4	2,4
	B	0,2	1,0	1,0	1,2	1,7	4,3	2,9
	C	0,2	-	-	1,4	1,5	0,2	0,3
	D	0,8	1,0	-	1,1	1,4	0,2	0,4
	E	0,3	1,6	-	1,9	2,2	0,6	0,7
	F	0,3	0,6	-	0,5	-	0,3	0,7
	G	0,6	0,7	-	0,9	-	1,0	1,2
16:00 h	A	5,7	5,8	7,2	9,1	7,7	6,4	4,1
	B	0,3	1,8	1,6	2,3	3,4	10,4	9,5
	C	0,4	-	-	2,5	2,8	0,3	0,4
	D	1,3	1,5	-	1,9	2,4	0,2	0,3
	E	0,2	1,7	-	2,3	2,4	0,3	0,3
	F	0,4	0,8	-	0,7	-	0,4	0,6
	G	0,5	1,0	-	0,5	-	1,3	0,3
18:00 h	A	17,5	37,3	51,2	40,8	27,7	16,1	0,6
	B	0,3	30,9	3,9	4,8	5,0	11,8	15,9
	C	0,5	-	-	3,3	3,0	0,3	0,4
	D	0,6	2,3	-	2,6	2,4	0,3	0,4
	E	0,6	0,8	-	0,8	0,8	0,3	0,3
	F	0,2	1,4	-	1,5	-	0,7	0,6
	G	0,3	1,4	-	0,5	-	1,3	0,3

Tabla 35. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

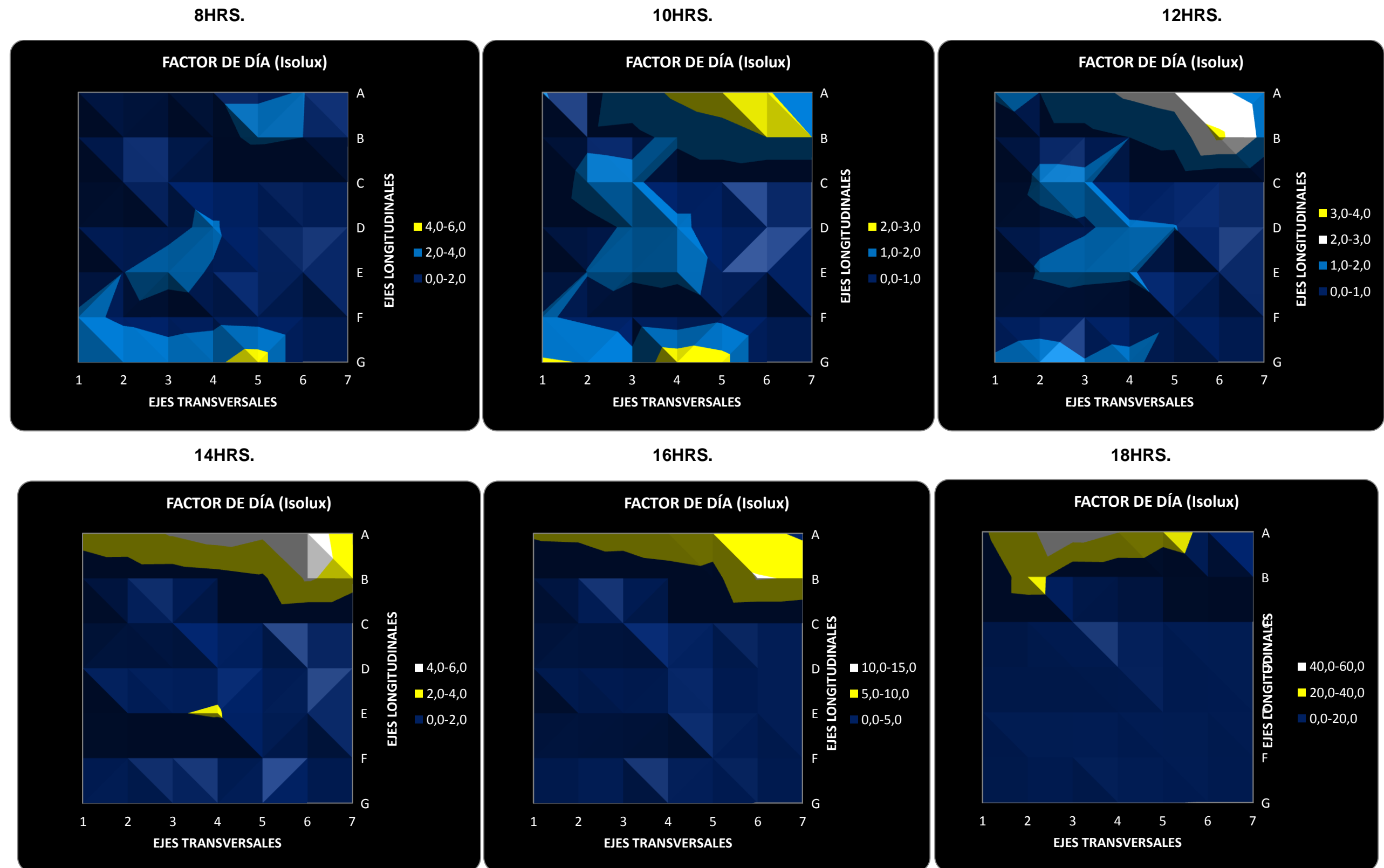


Figura 82. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

La fecha de simulación fue el 21 de junio y se tomaron mediciones a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs, 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 15,250 lux (Tablas 34 y 35).

A las **8hrs** las condiciones de iluminación son regulares. Los niveles máximos se presentaron en el eje G y F con valores de 667 lux hasta 1200 lux, debido a su proximidad con la ventana orientada al este. Los puntos A4, A5 y A6, próximos a la ventana orientada al oeste, presentan niveles de iluminación dentro del rango recomendado 360, 360 y 389 lux, respectivamente. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 6 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figuras 81 y 83).

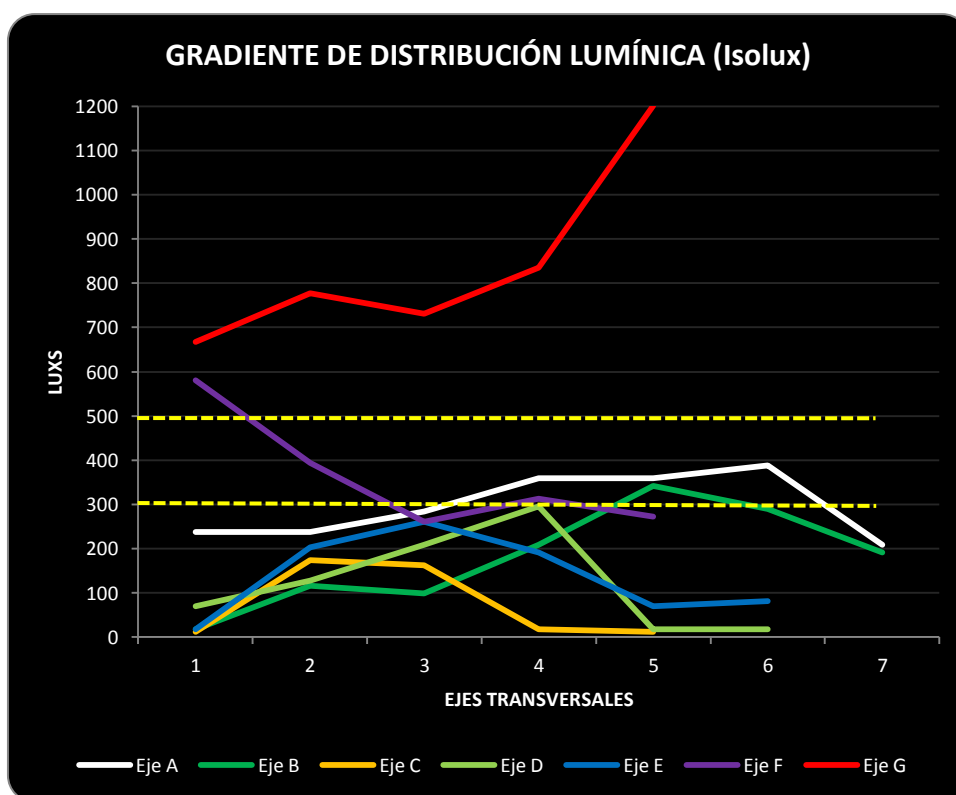


Figura 83. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO 8hrs.

A la misma hora, el factor de día de 13 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. La gran mayoría, 24 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Los 4 puntos restantes van de los 3-5% (tabla 35, figura 82).

A las **10hrs** las condiciones mejoran muy poco. Como en el caso anterior los niveles máximo se presentan en el eje G con valores de entre 290 lux a 638 lux debido a su proximidad con la ventana orientada al este. Los puntos G1 con 493 lux y el G2 con 458 lux están dentro del rango recomendado. El eje A, próximo a la ventana orientada al oeste, también tiene altos niveles de iluminación, los puntos A4 con 423 lux, A5 con 452 lux y A6 con 400 lux están dentro del rango de confort. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 5 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figuras 81 y 84)

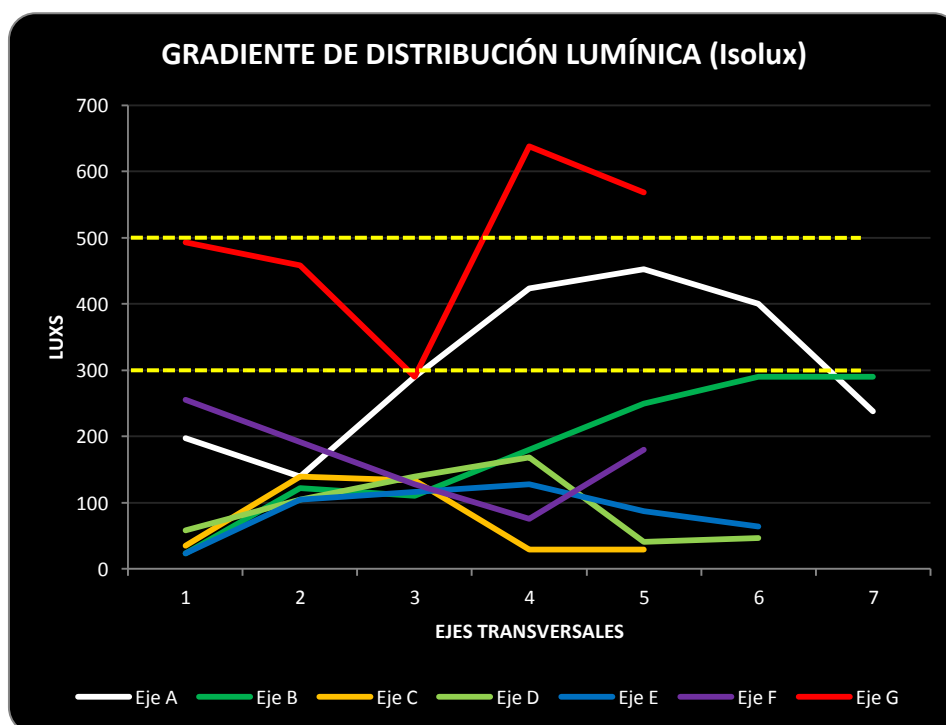


Figura 84. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO 10hrs.

A la misma hora, el factor de día de 18 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. La gran mayoría, 24 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. No se presentan valores más altos (tabla 35, figura 82).

A las **12 hrs** los niveles de iluminancia no rebasan los 500 lux. En el eje A los puntos A3 con 307 lux, A4 con 423 lux, A5 con 487 lux, A6 con 412 lux y A7 con 302 lux están dentro del rango de confort. De igual forma en el eje B el punto B6 con 464 lux está dentro del rango de confort.

El eje G oscila entre 81 y 325 lux. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 8 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figuras 81 y 85).

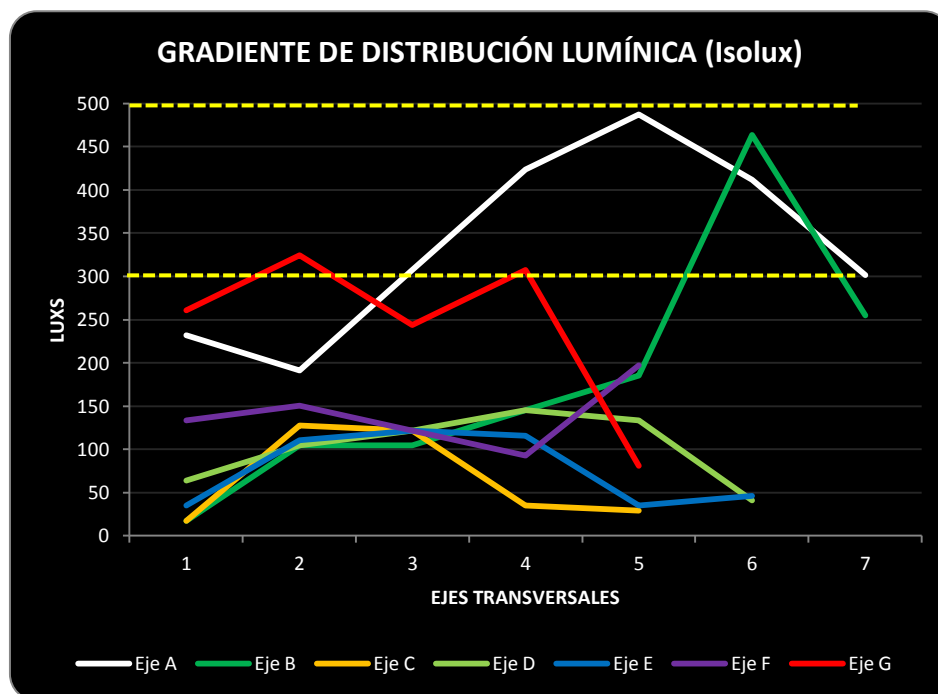


Figura 85. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO 12hrs.

A la misma hora, el factor de día de 18 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. La gran mayoría, 23 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Solamente 1 punto va de 3-5% (tabla 35, figura 82).

A las **14hrs** se observa un aumento de niveles de iluminancia en el eje A, por encontrarse orientado oeste, 6 de 7 puntos en este eje están sobre el nivel recomendado, algo que puede causar deslumbramiento. El punto A7 con 464 lux está dentro del rango de confort, mientras que el resto va desde 592 lux a 1032 lux. El punto B7 con 423 lux también está dentro del rango recomendado. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 2 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figuras 81 y 86).

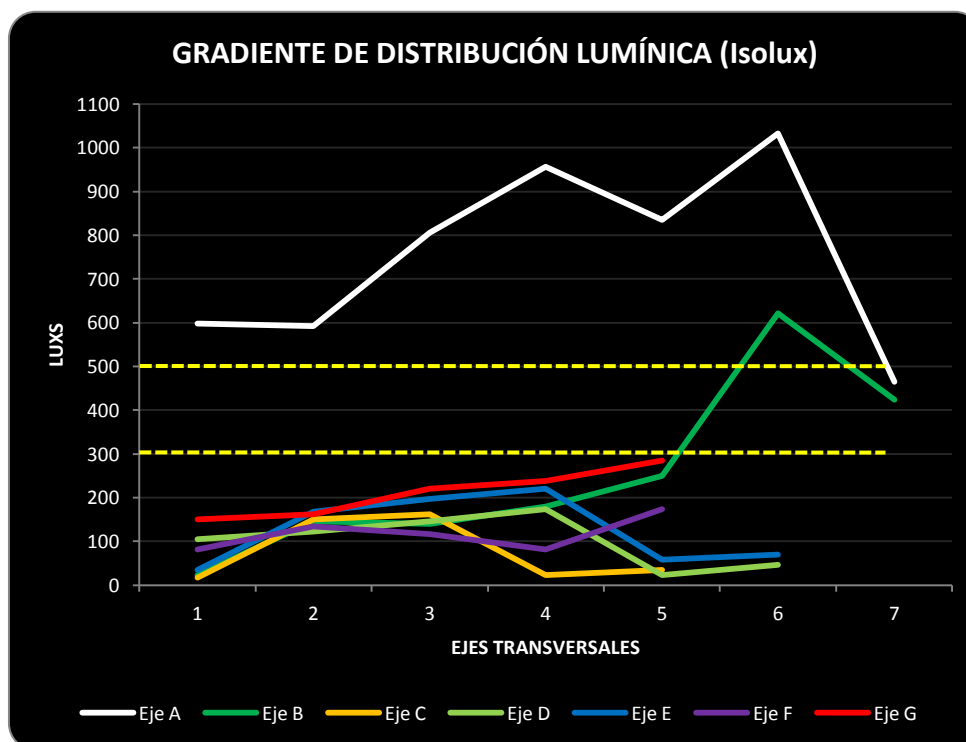


Figura 86. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO 14hrs.

A la misma hora, el factor de día de 18 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. Un número menor, 16 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Un porcentaje de entre 3-5 sólo se presenta en 5 puntos. Y 2 tienen valores más altos (tabla 35, figura 82).

A las **16 hrs** seguimos viendo la tendencia del gráfico anterior; niveles de iluminación muy por encima de lo recomendado en los ejes cerca de la ventana orientada oeste. El eje A tiene valores que van de 795 lux hasta 1746 lux en el plano de trabajo. El eje B en los puntos B6 con 1502 lux y B7 con 1380 lux también están muy por encima del rango recomendado. Sólo el punto B4 con 336 lux está dentro del rango. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 5 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figuras 81 y 87).

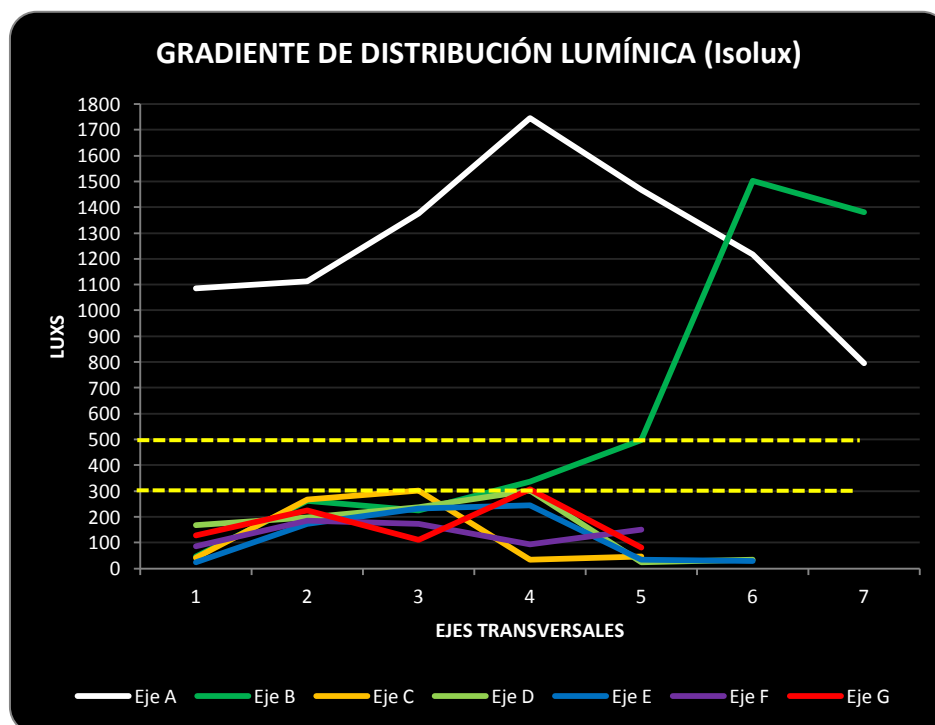


Figura 87. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO 16hrs.

A la misma hora, el factor de día de 17 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. Un número menor, 14 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Un porcentaje de entre 3-5 sólo se presenta en 2 puntos. Los restantes 8 puntos van de 5-11% (tabla 35, figura 82).

A las **18 hrs** los niveles de iluminancia cerca de la ventana orientada oeste son aún mayores por el ángulo con el que llega la luz de sol a los puestos de trabajo. El deslumbramiento es inevitable. En el eje A los niveles van desde 3091 lux hasta 9814 lux. Puntos en ejes como el G y F están entre 300 lux y 500 lux. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 8 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figuras 81 y 88).

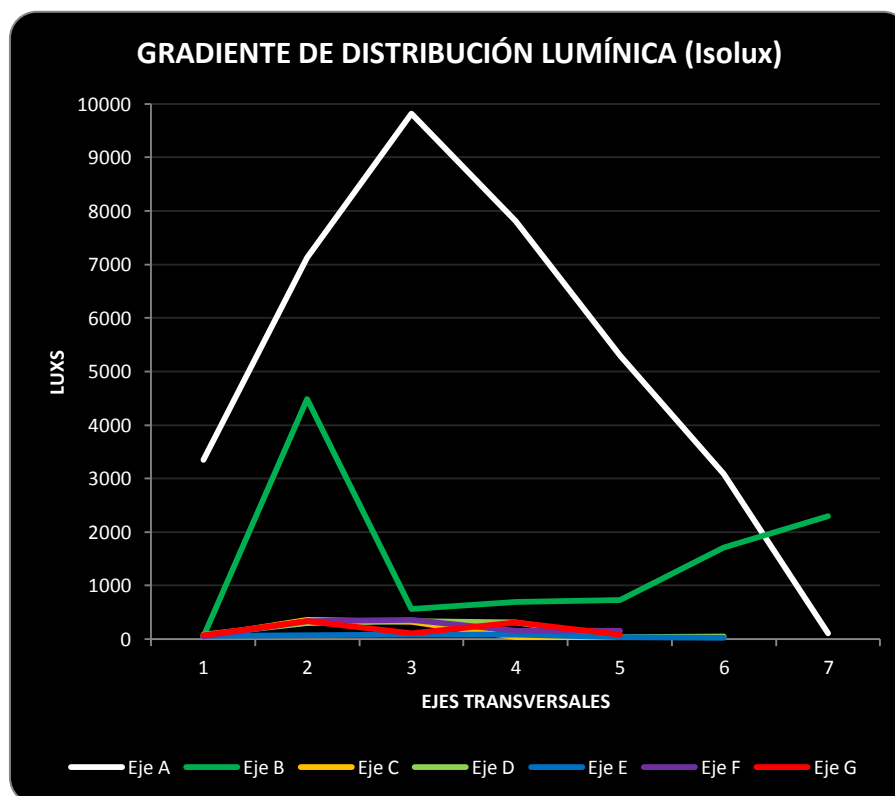


Figura 88. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO 16hrs.

A la misma hora, el factor de día de 20 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. Un número menor, 7 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Un porcentaje de entre 3-5 sólo se presenta en 4 puntos. Los restantes 10 puntos van de 5-50% (tabla 35, figura 82).

Se detalla el comportamiento del caso de estudio sin dispositivo para tomarlo como referente contra el comportamiento del mismo espacio con diferentes dispositivos de iluminación natural.

Como conclusión el caso de estudio NO cumple con los requerimientos de niveles de iluminancia recomendados en la condición 1: Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

Los niveles de iluminación no son uniformes en el espacio, va desde zonas con registros de 9000 lux a zonas con registros de 1 lux, presentándose deslumbramiento. Esto se ratifica con el



factor de día que en la misma hora de medición (18hrs) registra porcentajes que van de 0 a 50%.

No se presentan cambios significativos durante las horas simuladas.

Los niveles más bajos que se registraron están localizados en los puestos de trabajo que tienen separaciones piso techo y en los ejes más alejados de las ventanas.

Los niveles más altos registrados están localizados en los puestos de trabajo más cercanos a las ventanas. En especial en las horas de la tarde el caso de estudio recibe niveles demasiado altos, los que, combinados con el mobiliario oscuro produce deslumbramiento en los usuarios.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (a) MODELO TRIDIMENSIONAL SIN ESTRATEGIAS. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	13 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 marzo-21 septiembre
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	12:19
HORA DE TÉRMINO:	14:38
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	16,000
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	11,200
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	13,600

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	226	278	174	215	307	151	249
	B	29	168	157	232	307	87	75
	C	70	-	-	307	302	290	99
	D	75	191	-	249	278	273	81
	E	75	557	-	690	313	389	383
	F	1253	1038	-	1050	-	522	1293
	G	2117	2227	-	4008	-	1688	2639
10:00 h	A	226	232	278	360	365	394	406
	B	29	133	110	162	209	568	493
	C	64	-	-	226	215	191	58
	D	58	110	-	133	139	133	41
	E	35	203	-	232	238	145	191
	F	539	58	-	261	-	128	412
	G	1044	1119	-	928	-	1450	1450
12:00 h	A	348	307	319	307	389	232	284
	B	23	128	104	139	168	232	255
	C	128	-	-	168	162	133	41
	D	58	104	-	104	116	110	29
	E	23	104	-	116	145	87	104
	F	145	162	-	128	-	87	249
	G	325	284	-	371	-	696	696

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	423	464	534	638	505	406	348
	B	23	244	104	133	162	360	307
	C	35	-	-	168	139	12	23
	D	58	93	-	99	104	46	29
	E	29	104	-	110	128	87	104
	F	99	128	-	116	-	75	180
	G	203	174	-	151	-	168	116
16:00 h	A	725	795	934	1143	893	2790	725
	B	29	348	151	197	255	690	621
	C	35	-	-	191	180	52	58
	D	93	145	-	162	174	35	52
	E	52	174	-	174	203	23	23
	F	99	162	-	145	-	93	197
	G	203	290	-	267	-	75	46
18:00 h	A	1334	1676	1943	2442	1525	2743	1160
	B	46	539	203	273	302	858	771
	C	35	-	-	249	249	35	12
	D	99	162	-	191	203	23	12
	E	41	331	-	261	249	35	23
	F	99	180	-	139	-	75	93
	G	197	313	-	255	-	29	23

Tabla 36. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

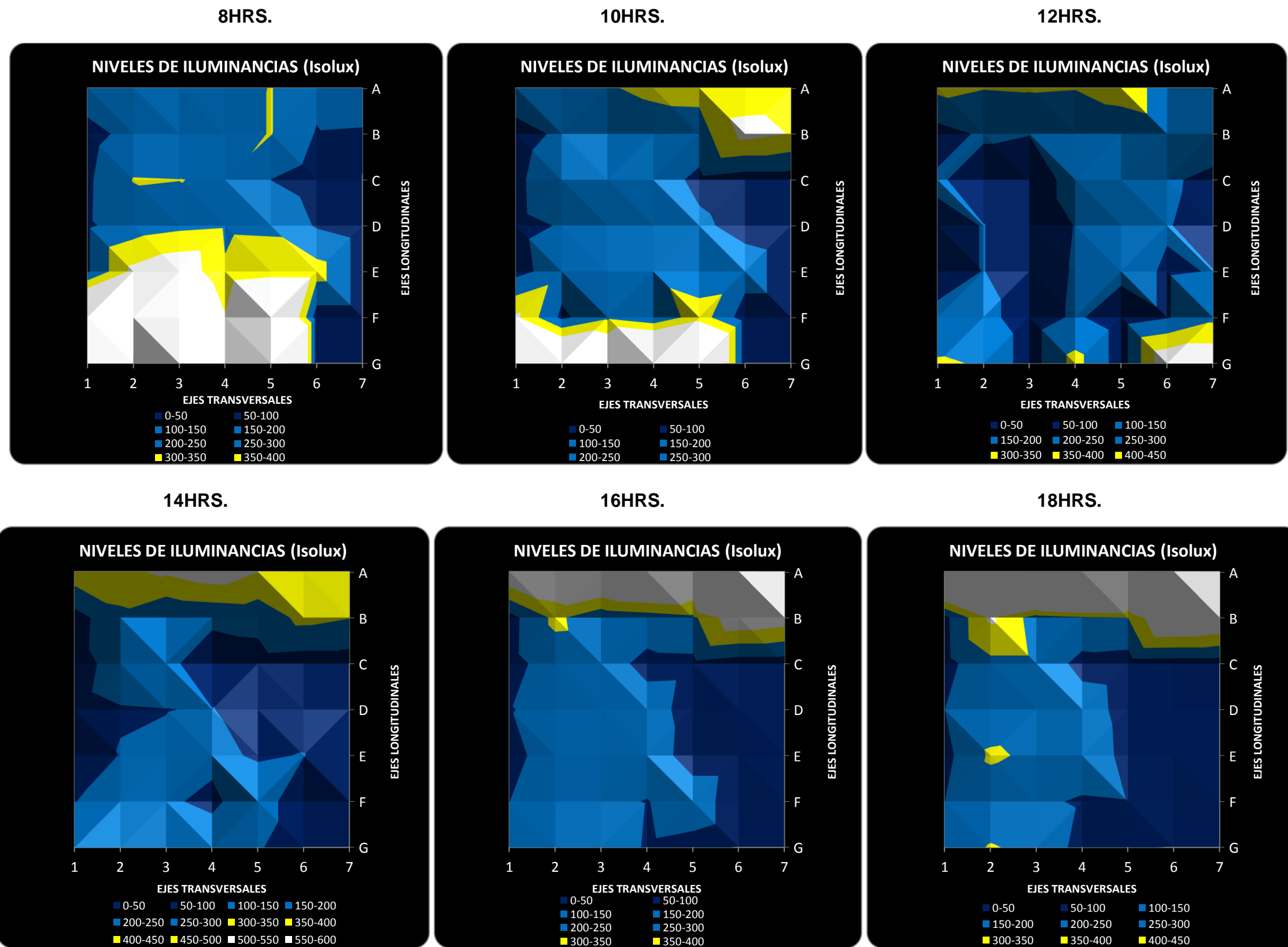


Figura 89. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCIOS.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (a) MODELO TRIDIMENSIONAL SIN ESTRATEGIAS. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	13 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 marzo-21 septiembre
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	12:19
HORA DE TÉRMINO:	14:38
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	16,000
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	11,200
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	13,600

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	1,5	1,9	1,2	1,4	2,1	1,0	1,7
	B	0,2	1,2	1,1	1,7	2,2	0,6	0,6
	C	0,6	-	-	2,5	2,4	2,3	0,8
	D	0,5	1,4	-	1,8	2,0	2,0	0,6
	E	0,6	4,3	-	5,4	2,4	3,0	3,0
	F	11,4	9,5	-	9,6	-	4,8	11,8
	G	19,3	20,3	-	36,6	-	15,4	24,1
10:00 h	A	1,5	1,6	1,9	2,4	2,4	2,6	2,7
	B	0,2	1,0	0,8	1,2	1,5	4,1	3,6
	C	0,5	-	-	1,8	1,7	1,5	0,5
	D	0,4	0,8	-	1,0	1,0	1,0	0,3
	E	0,3	1,6	-	1,8	1,9	1,1	1,5
	F	4,9	0,5	-	2,4	-	1,2	3,8
	G	9,5	10,2	-	8,5	-	13,2	13,2
12:00 h	A	2,3	2,1	2,1	2,1	2,6	1,6	1,9
	B	0,2	0,9	0,8	1,0	1,2	1,7	1,9
	C	1,0	-	-	1,4	1,3	1,1	0,3
	D	0,4	0,8	-	0,8	0,8	0,8	0,2
	E	0,2	0,8	-	0,9	1,1	0,7	0,8
	F	1,3	1,5	-	1,2	-	0,8	2,3
	G	3,0	2,6	-	3,4	-	6,4	6,4

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	2,8	3,1	3,6	4,3	3,4	2,7	2,3
	B	0,2	1,8	0,8	1,0	1,2	2,6	2,2
	C	0,3	-	-	1,4	1,1	0,1	0,2
	D	0,4	0,7	-	0,7	0,8	0,3	0,2
	E	0,2	0,8	-	0,9	1,0	0,7	0,8
	F	0,9	1,2	-	1,1	-	0,7	1,6
	G	1,9	1,6	-	1,4	-	1,5	1,1
16:00 h	A	4,8	5,3	6,2	7,6	6,0	18,7	4,8
	B	0,2	2,5	1,1	1,4	1,9	5,0	4,5
	C	0,3	-	-	1,5	1,4	0,4	0,5
	D	0,7	1,1	-	1,2	1,3	0,3	0,4
	E	0,4	1,4	-	1,4	1,6	0,2	0,2
	F	0,9	1,5	-	1,3	-	0,8	1,8
	G	1,9	2,6	-	2,4	-	0,7	0,4
18:00 h	A	8,9	11,2	13,0	16,3	10,2	18,4	7,8
	B	0,3	3,9	1,5	2,0	2,2	6,3	5,6
	C	0,3	-	-	2,0	2,0	0,3	0,1
	D	0,7	1,2	-	1,4	1,5	0,2	0,1
	E	0,3	2,6	-	2,0	1,9	0,3	0,2
	F	0,9	1,6	-	1,3	-	0,7	0,8
	G	1,8	2,9	-	2,3	-	0,3	0,2

Z

Tabla 37. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional sin estrategias. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

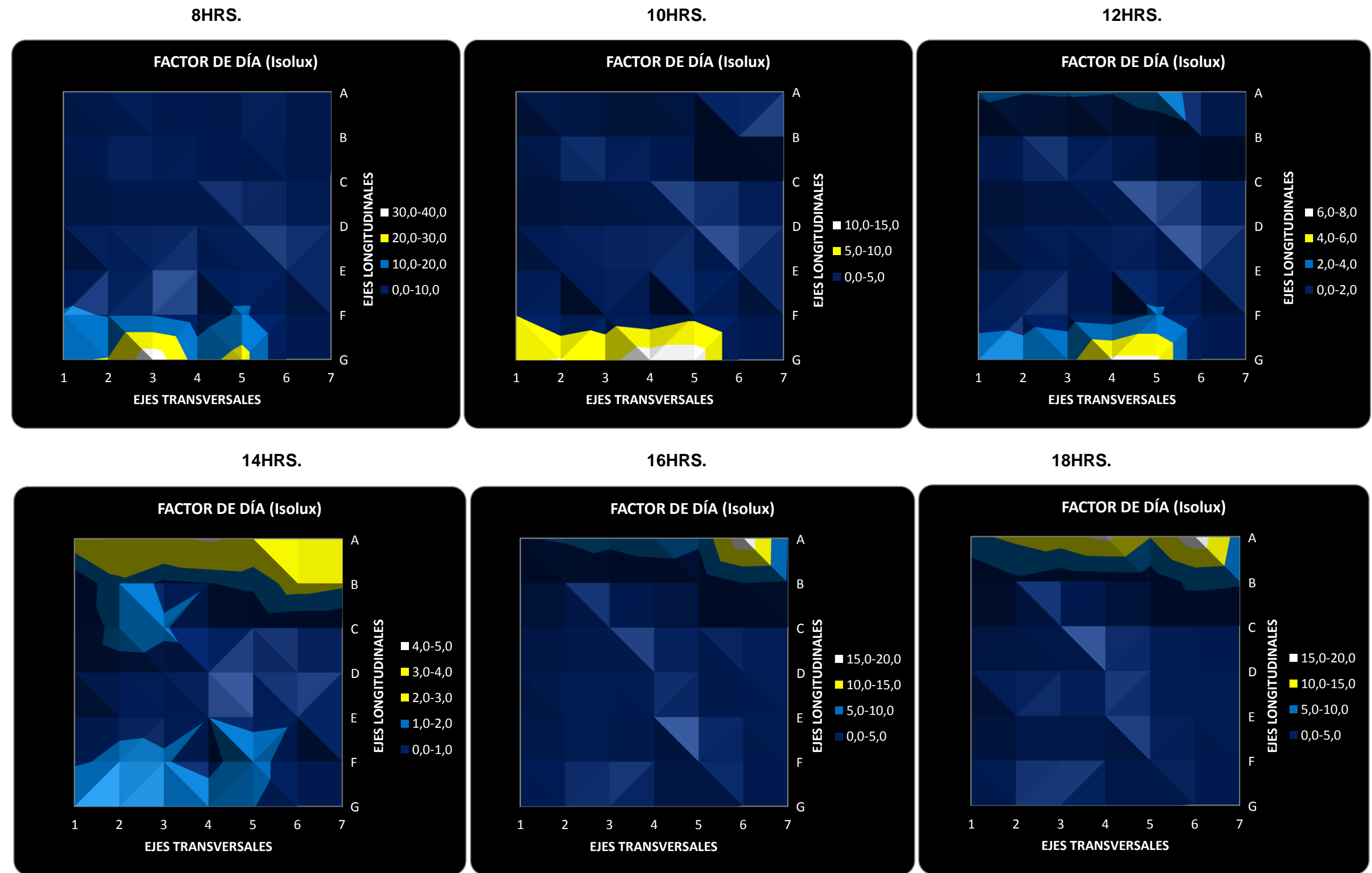


Figura. 90 Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional sin estrategias. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

La fecha de simulación fue el 21 de marzo- 21 de septiembre y se tomaron mediciones a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs. 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 13600 lux (Tablas 36 y 37).

A las **8hrs** las condiciones de iluminación son regulares. Los niveles máximos se presentaron en el eje G y F con valores de 522 lux hasta 4000 lux, debido a su proximidad con la ventana orientada al este. Los puntos de medición E2 con 557 lux, E5 con 313 lux, E6 con 389 lux y E7 con 383 lux están dentro del rango de iluminación recomendado. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 7 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figuras 89 y 91).

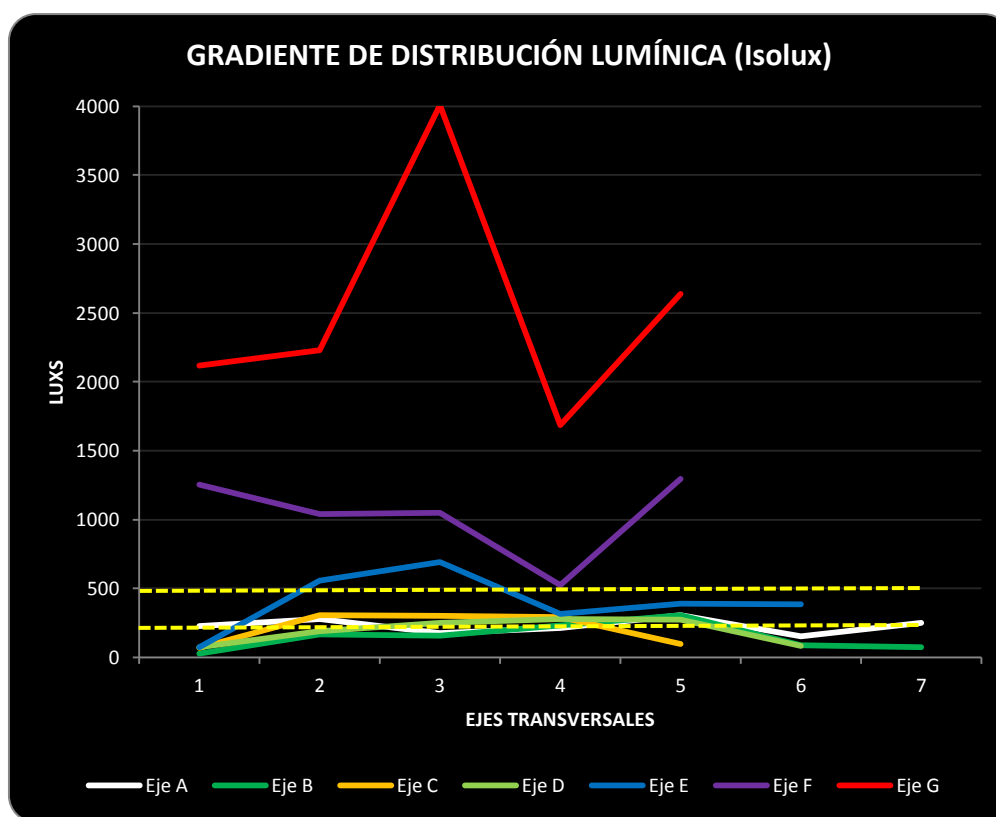


Figura 91. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS 8hrs.

A la misma hora, el factor de día de 8 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. Por el contrario 19 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Un porcentaje de entre 3-5 sólo se presenta en 3 puntos. Los restantes 11 puntos van de 5-37% (tabla 37, figura 90).

A las **10hrs** las condiciones son similares. Como en el caso anterior los niveles máximo se presentan en el eje G con valores de entre 938 lux a 1450 lux debido a su proximidad con la ventana orientada al este. El eje siguiente sólo tiene 1 punto dentro del rango de confort; F7 con 412 lux. El eje A, próximo a la ventana orientada al oeste, también tiene altos niveles de iluminación, los puntos A4 con 360 lux, A5 con 365 lux, A6 con 394 y A7 con 406 lux están dentro del rango de confort. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 5 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figuras 89 y 92).

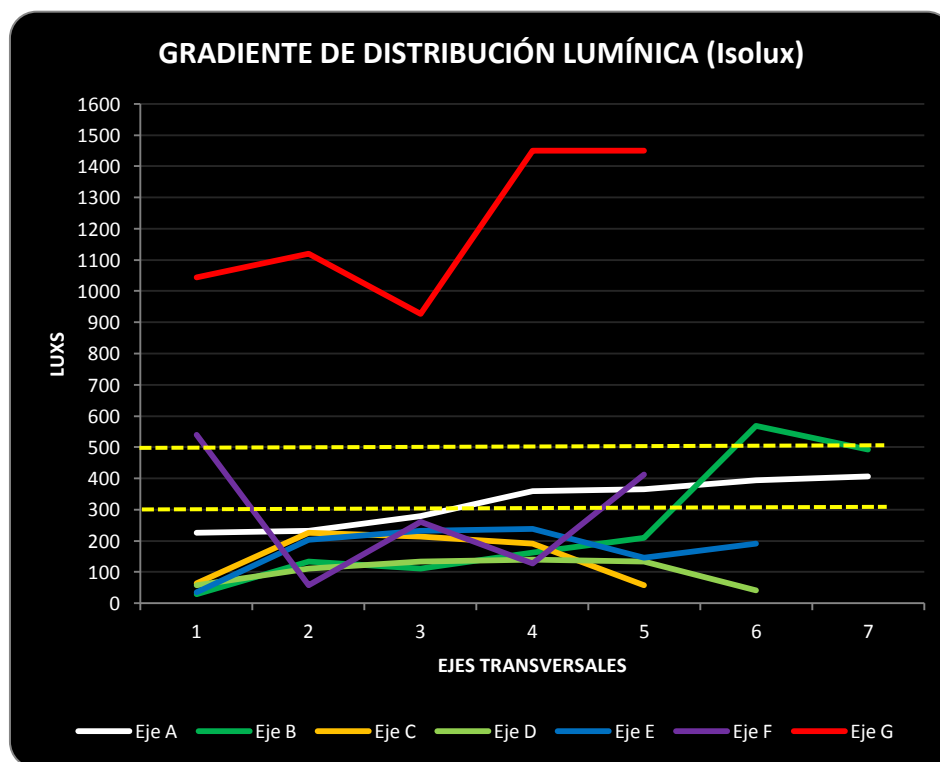


Figura 92. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS 10hrs.

A la misma hora, el factor de día de 9 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. Por el contrario, la mayoría, 23 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Un porcentaje de entre 3-5 sólo se presenta en 4 puntos. Los restantes 5 puntos van de 5-37% (tabla 37, figura 90).

A las **12 hrs** los niveles de iluminancia no rebasan los 700 lux, esto explicado por la posición del sol en su punto más alto. Algunos puntos próximos a las ventanas están dentro del rango recomendado: A1 con 348 lux, A2 con 307 lux, A3 con 319 lux, A4 con 307 lux y A5 con 389 lux; y en el eje G los puntos G1 con 325 lux y G4 con 371 lux. El resto de puntos mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 7 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figuras 89 y 93).

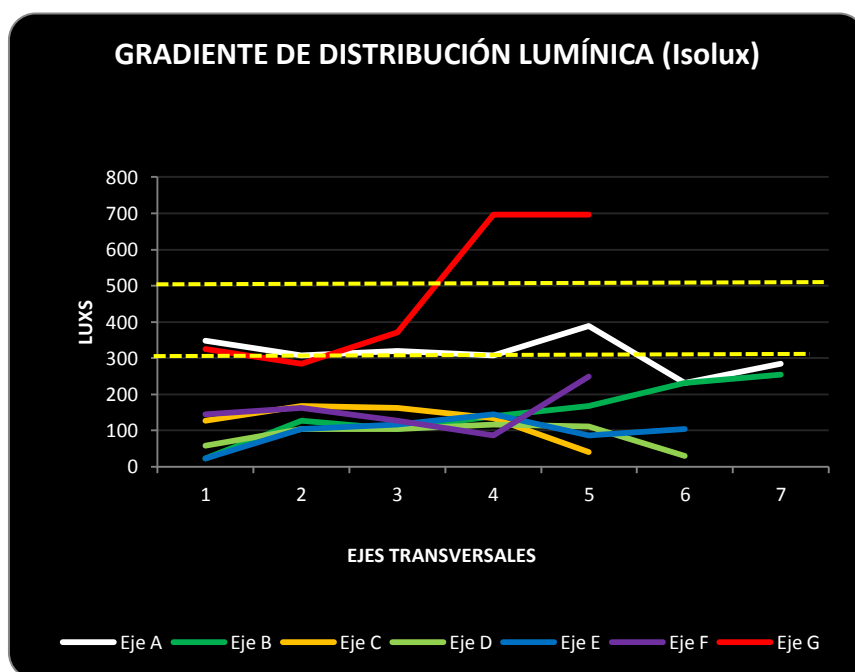


Figura 93. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS 12hrs.

A la misma hora, el factor de día de 15 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. La mayoría, 21 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Un porcentaje de entre 3-5 sólo se presenta en 2 puntos. Los restantes 2 puntos van de 5-6% (tabla 37, figura 90).

A las **14hrs** se observa un ligero aumento de niveles de iluminancia en el eje A, por encontrarse orientado oeste, 4 de 7 puntos en este eje están en el nivel recomendado, el resto de puntos van de 505 lux a 638 lux. Los puntos B6 con 360 lux y B7 con 307 lux también están en el rango de confort. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 6 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figuras 89 y 94).

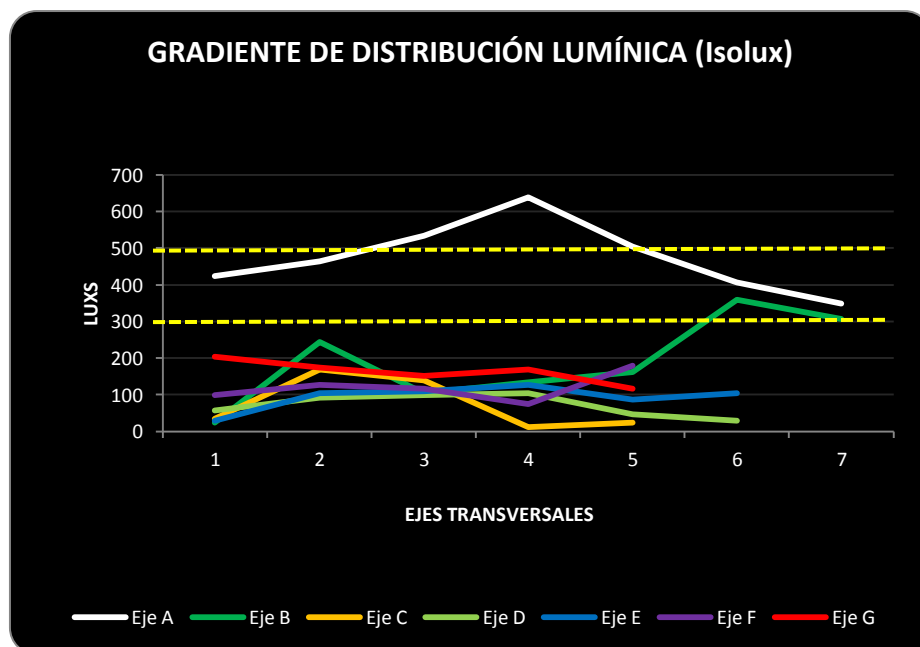


Figura 94. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS 14hrs.

A la misma hora, el factor de día de 18 puntos de medición se encuentra entre 0-1% el doble que en la hora anterior. Por el contrario, la mayoría, 19 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Un porcentaje de entre 3-5 sólo se presenta en 4 puntos. No se registran porcentajes mayores (tabla 37, figura 90).

A las **16 hrs** presenciamos niveles de iluminación muy por encima de lo recomendado en los ejes cerca de la ventana orientada oeste. El eje A tiene valores que van de 725 lux hasta 2790 lux en el plano de trabajo. El eje B en los puntos B6 con 690 lux y B7 con 621 lux también están por encima del rango recomendado. Sólo el punto B2 con 348 lux está dentro del rango. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los

lejanos a las ventanas. Sólo 1 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figuras 89 y 95).

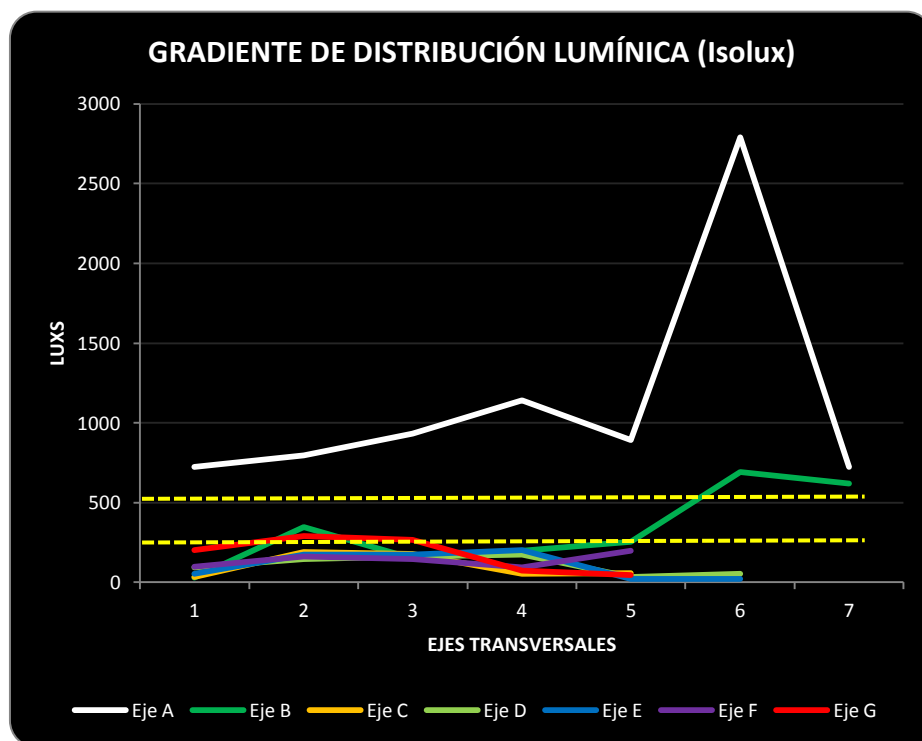


Figura 95. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS 16hrs.

A la misma hora, el factor de día de 14 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. Por el contrario, la mayoría, 18 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Un porcentaje de entre 3-5 sólo se presenta en 3 puntos. Los restantes 6 puntos van de 5-19% (tabla 37, figura 90).

A las **18 hrs** los niveles de iluminancia cerca de la ventana orientada oeste son aún mayores por el ángulo con el que llega la luz de sol a los puestos de trabajo. El deslumbramiento es inevitable. En el eje A los niveles van desde 1160 lux hasta 2743 lux. El eje B tiene valores que oscilan entre 46 lux y 858 lux. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 3 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figuras 89 y 96).

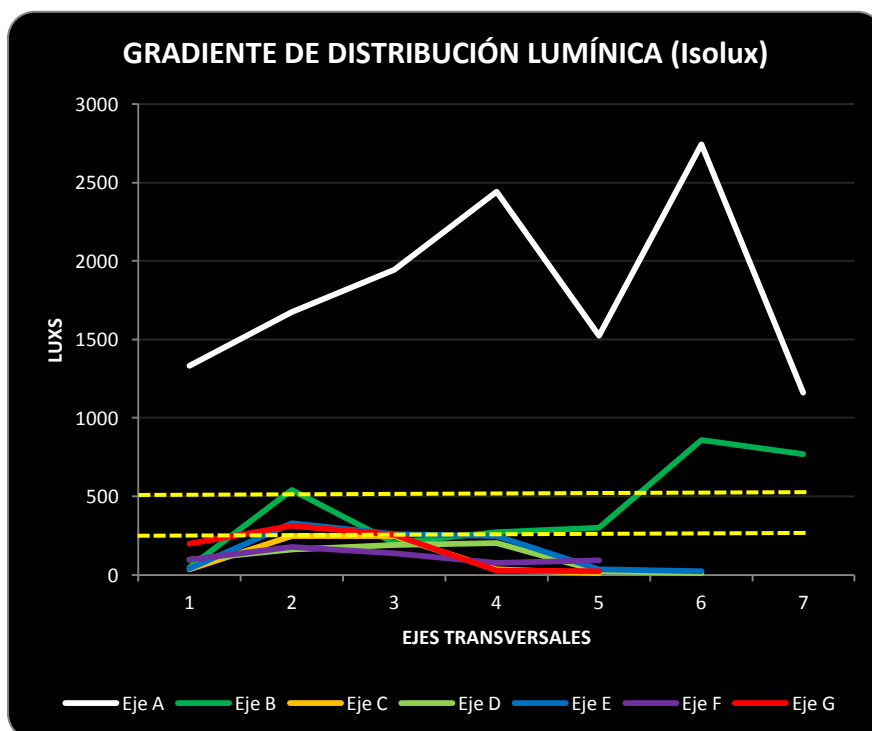


Figura 96. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS 18hrs.

A la misma hora, el factor de día de 15 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. Por el contrario, la mayoría, 15 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Un porcentaje de entre 3-5 sólo se presenta en 1 punto. Los restantes 9 puntos van de 5-19% (tabla 37, figura 90).

Como conclusión el caso de estudio NO cumple con los requerimientos de niveles de iluminancia recomendados en la condición 1: Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

Como en la condición anterior los niveles de iluminación no son uniformes en el espacio, lo que puede provocar deslumbramiento. No se presentan cambios significativos durante las horas simuladas. Los niveles más bajos que se registraron están localizados en los puestos de trabajo que tienen separaciones piso techo y en los ejes más alejados de las ventanas. Los niveles más altos registrados están localizados en los puestos de trabajo más cercanos a las ventanas. En especial en las horas de la tarde el caso de estudio recibe niveles demasiado altos, los que, combinados con el mobiliario oscuro produce deslumbramiento en los usuarios.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (a) MODELO TRIDIMENSIONAL SIN ESTRATEGIAS. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	13 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 diciembre
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	09:05
HORA DE TÉRMINO:	11:57
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	17,600
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	14,500
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	16,050

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	116	133	203	186	226	215	174
	B	12	122	145	151	151	174	174
	C	6	-	-	77	70	46	41
	D	191	64	-	157	87	46	41
	E	17	191	-	261	186	41	46
	F	760	1792	-	1334	-	1357	1943
	G	1392	2332	-	1438	-	789	2082
10:00 h	A	197	186	232	290	348	290	116
	B	29	203	220	261	284	232	157
	C	58	-	-	267	284	35	23
	D	93	261	-	255	249	41	35
	E	29	261	-	232	278	58	46
	F	429	186	-	232	-	151	226
	G	441	360	-	226	-	284	319
12:00 h	A	296	244	261	302	319	290	302
	B	17	122	110	151	174	128	168
	C	29	-	-	220	186	46	46
	D	75	122	-	139	145	23	35
	E	35	116	-	122	162	35	58
	F	151	116	-	116	-	232	348
	G	232	267	-	232	-	232	348

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	261	307	313	342	261	142	46
	B	23	133	110	151	174	284	267
	C	12	-	-	157	145	35	29
	D	104	116	-	110	104	35	29
	E	46	139	-	133	186	46	41
	F	104	174	-	116	-	116	174
	G	197	261	-	174	-	290	290
16:00 h	A	360	371	406	458	348	139	41
	B	29	116	122	145	145	313	261
	C	23	-	-	174	145	41	35
	D	87	116	-	122	99	35	29
	E	52	180	-	174	215	41	29
	F	87	116	-	99	-	273	133
	G	174	244	-	255	-	290	232
18:00 h	A	383	423	493	609	348	1073	41
	B	17	116	104	139	151	284	226
	C	17	-	-	162	151	46	46
	D	64	87	-	99	116	58	58
	E	75	220	-	191	267	46	29
	F	139	232	-	209	-	75	116
	G	174	244	-	81	-	348	348

Tabla 38. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

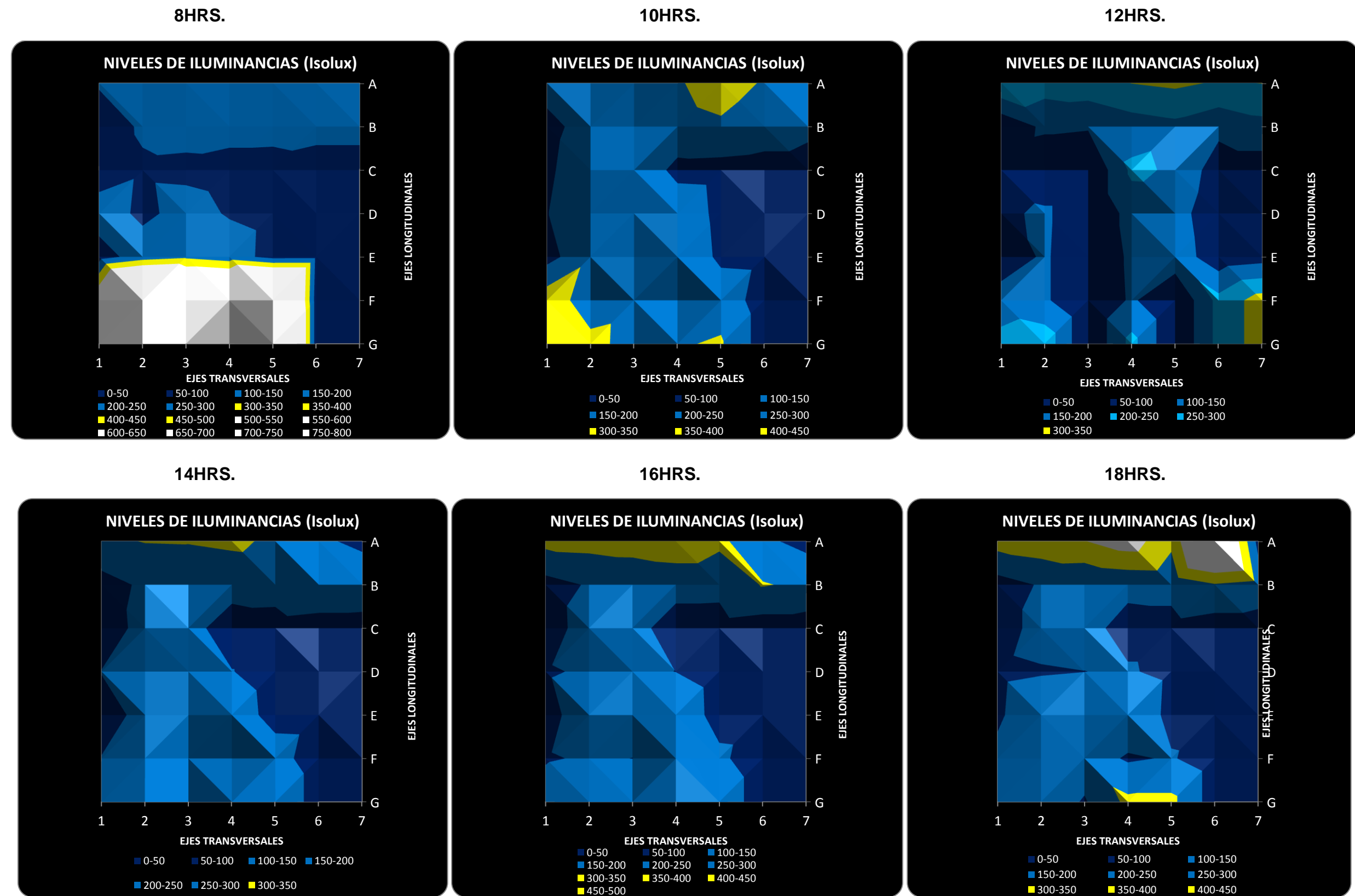


Figura 97. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (a) MODELO TRIDIMENSIONAL SIN ESTRATEGIAS. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	13 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 diciembre
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	09:05
HORA DE TÉRMINO:	11:57
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	17,600
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	14,500
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	16,050

Factor de Día(FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	0,8	0,9	1,3	1,2	1,5	1,4	1,1
	B	0,1	1,0	1,2	1,3	1,3	1,5	1,5
	C	0,0	-	-	0,6	0,5	0,4	0,3
	D	1,4	0,5	-	1,1	0,6	0,3	0,3
	E	0,2	2,3	-	3,2	2,2	0,5	0,6
	F	5,6	13,2	-	9,8	-	10,0	14,3
	G	10,2	17,1	-	10,6	-	5,8	15,3
10:00 h	A	1,3	1,2	1,5	1,9	2,3	1,9	0,8
	B	0,2	1,7	1,9	2,2	2,4	2,0	1,3
	C	0,4	-	-	2,0	2,2	0,3	0,2
	D	0,7	1,9	-	1,8	1,8	0,3	0,3
	E	0,4	3,2	-	2,8	3,4	0,7	0,6
	F	3,2	1,4	-	1,7	-	1,1	1,7
	G	3,2	2,6	-	1,7	-	2,1	2,3
12:00 h	A	1,9	1,6	1,7	2,0	2,1	1,9	2,0
	B	0,1	1,0	0,9	1,3	1,5	1,1	1,4
	C	0,2	-	-	1,7	1,4	0,4	0,4
	D	0,5	0,9	-	1,0	1,0	0,2	0,3
	E	0,4	1,4	-	1,5	2,0	0,4	0,7
	F	1,1	0,9	-	0,9	-	1,7	2,6
	G	1,7	2,0	-	1,7	-	1,7	2,6

Factor de Día(FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	1,7	2,0	2,0	2,2	1,7	0,9	0,3
	B	0,2	1,1	0,9	1,3	1,5	2,4	2,3
	C	0,1	-	-	1,2	1,1	0,3	0,2
	D	0,8	0,8	-	0,8	0,8	0,3	0,2
	E	0,6	1,7	-	1,6	2,2	0,6	0,5
	F	0,8	1,3	-	0,9	-	0,9	1,3
	G	1,5	1,9	-	1,3	-	2,1	2,1
16:00 h	A	2,3	2,4	2,6	3,0	2,3	0,9	0,3
	B	0,2	1,0	1,0	1,2	1,2	2,7	2,2
	C	0,2	-	-	1,3	1,1	0,3	0,3
	D	0,6	0,8	-	0,9	0,7	0,3	0,2
	E	0,6	2,2	-	2,1	2,6	0,5	0,4
	F	0,6	0,9	-	0,7	-	2,0	1,0
	G	1,3	1,8	-	1,9	-	2,1	1,7
18:00 h	A	2,5	2,7	3,2	4,0	2,3	7,0	0,3
	B	0,1	1,0	0,9	1,2	1,3	2,4	1,9
	C	0,1	-	-	1,2	1,2	0,4	0,4
	D	0,5	0,6	-	0,7	0,8	0,4	0,4
	E	0,9	2,7	-	2,3	3,2	0,6	0,4
	F	1,0	1,7	-	1,5	-	0,6	0,9
	G	1,3	1,8	-	0,6	-	2,6	2,6

Tabla 39. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional sin estrategias. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

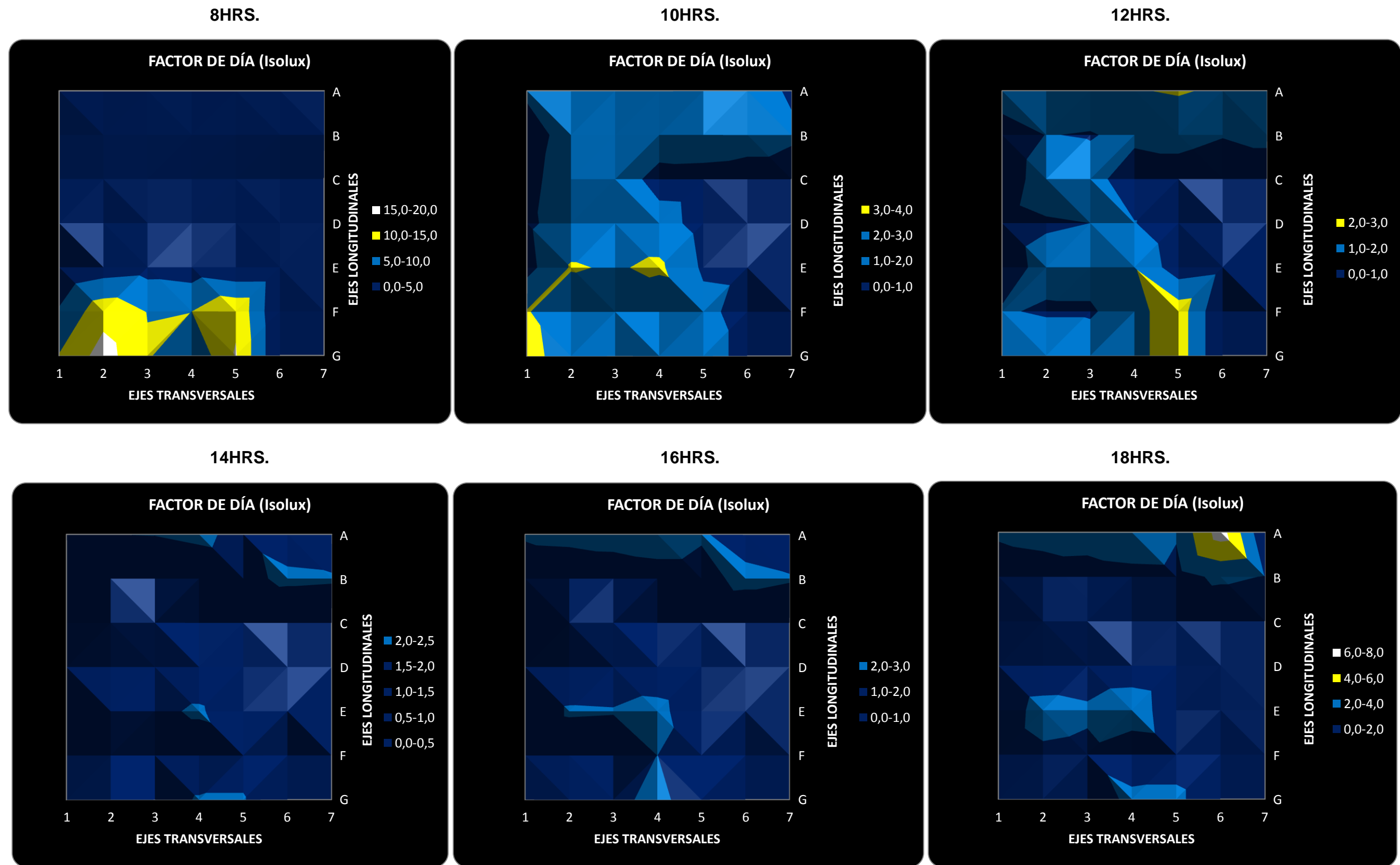


Figura 98. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional sin estrategias. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

La fecha de simulación fue el 21 diciembre y se tomaron mediciones a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs, 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 16050 lux (Tablas 38 y 39).

A las **8hrs** los niveles máximos se presentaron en el eje G y F. En el eje G los valores van desde 789 lux hasta 2332 lux, debido a su proximidad con la ventana orientada al este. En el eje F van desde 760 lux hasta 1334 lux, todos por encima del rango recomendado. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. En este caso ninguno de los 40 puntos medidos está dentro del rango de confort lumínico (Figuras 97 y 99).

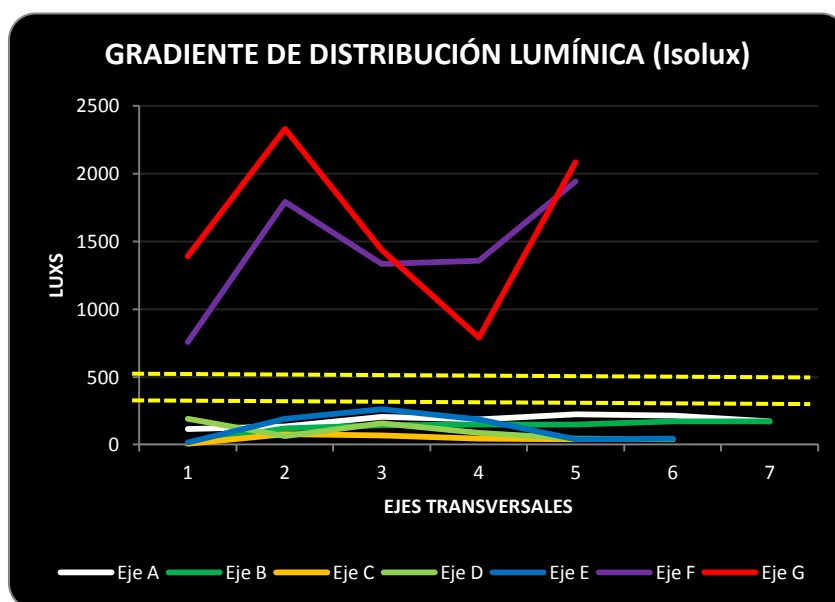


Figura 99. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO 8hrs.

A la misma hora, el factor de día de 15 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. Por el contrario, la mayoría, 14 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Un porcentaje de entre 3-5 sólo se presenta en 1 punto. Los restantes 10 puntos van de 5-17% (tabla 39, figura 98).

A las **10hrs** no se presentan niveles mayores a 450 lux. Solamente los puntos G1 con 441 lux, G2 con 360 lux y G7 con 319 lux están dentro de los niveles recomendados, debido a su proximidad con la ventana orientada al este. El punto F1 con 429 lux y el A5 con 348 lux

también están dentro de rango. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 4 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figura 97 y 100).

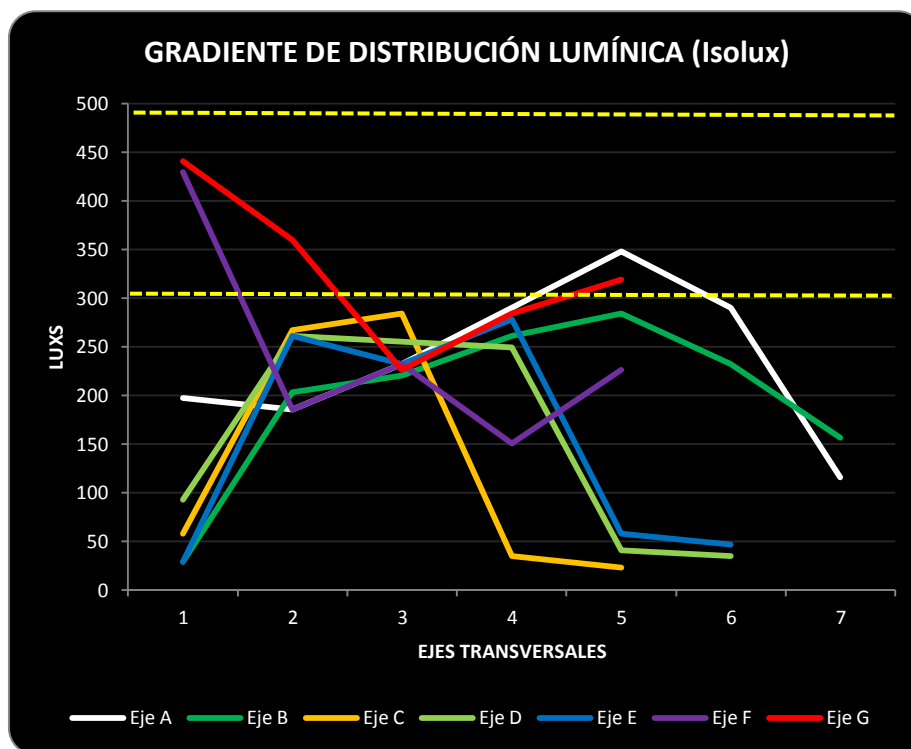


Figura 100. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO 10hrs.

A la misma hora, el factor de día de 10 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. Por el contrario, la gran mayoría, 26 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Un porcentaje de entre 3-5 sólo se presenta en 4 puntos. No se presentan porcentajes más altos (tabla 39, figura 98).

A las **12 hrs** los niveles de iluminancia no rebasan los 350 lux, esto explicado por la posición del sol en su punto más alto. Algunos puntos próximos a las ventanas están dentro del rango recomendado: A4 con 302 lux, A5 con 319 lux, A7 con 302 lux, F7 y G7 con 348 lux. El resto de puntos mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 5 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figura 97 y 101).

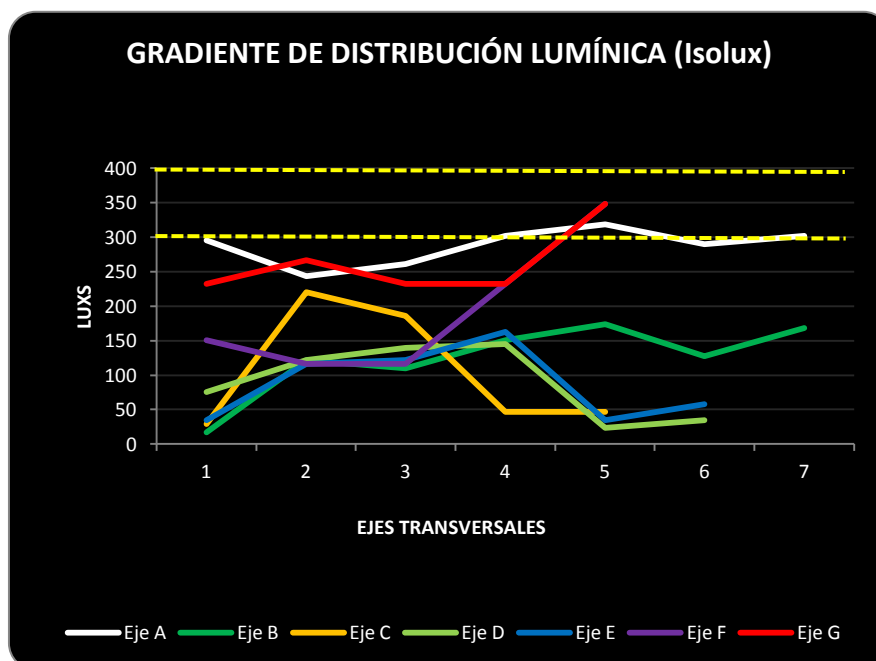


Figura 101. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO 12hrs.

A la misma hora, el factor de día de 10 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. Por el contrario, la gran mayoría, 26 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Un porcentaje de entre 3-5 sólo se presenta en 4 puntos. No se presentan porcentajes más altos (tabla 39, figura 98).

A las **14hrs** no se observa cambio considerable. Los niveles no superan los 350 lux. Los puntos A2 con 313 lux, A3 con 342 lux y A4 con 342 lux son los únicos dentro del rango de confort recomendado. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 3 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figura 97 y 102).

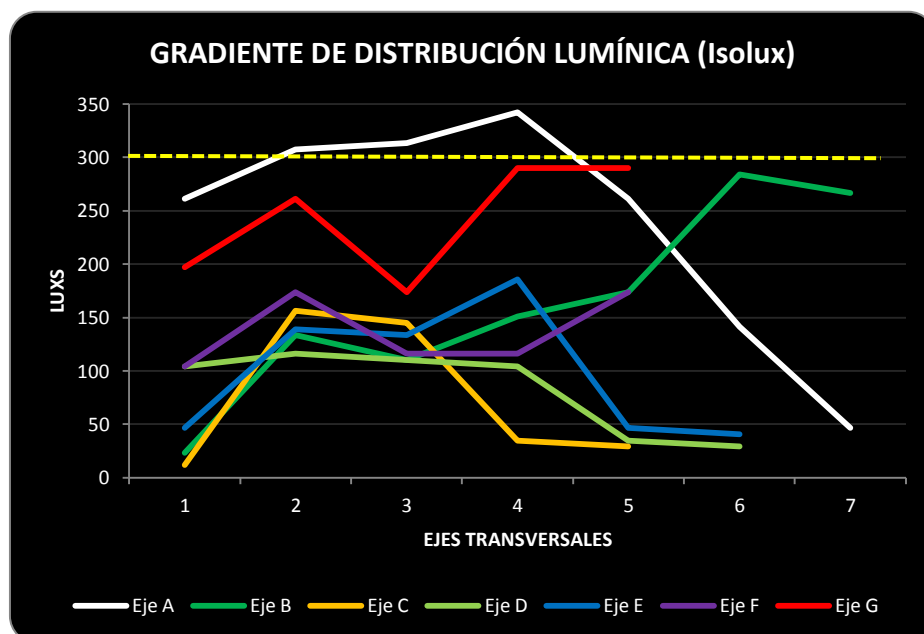


Figura 102. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO 14hrs.

A la misma hora, el factor de día de 19 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. Por el contrario, la gran mayoría, 22 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. No se presentan porcentajes más altos (tabla 39, figura 98).

A las **16 hrs** los niveles de iluminación no son tan altos como en las estaciones anteriores en los puntos cercanos a la ventana orientada oeste. Los puntos A1 con 360 lux, A2 con 371 lux, A3 con 406 lux, A4 con 458 lux y A5 con 348 lux están dentro de los niveles recomendados. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 5 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figuras 97 y 103).

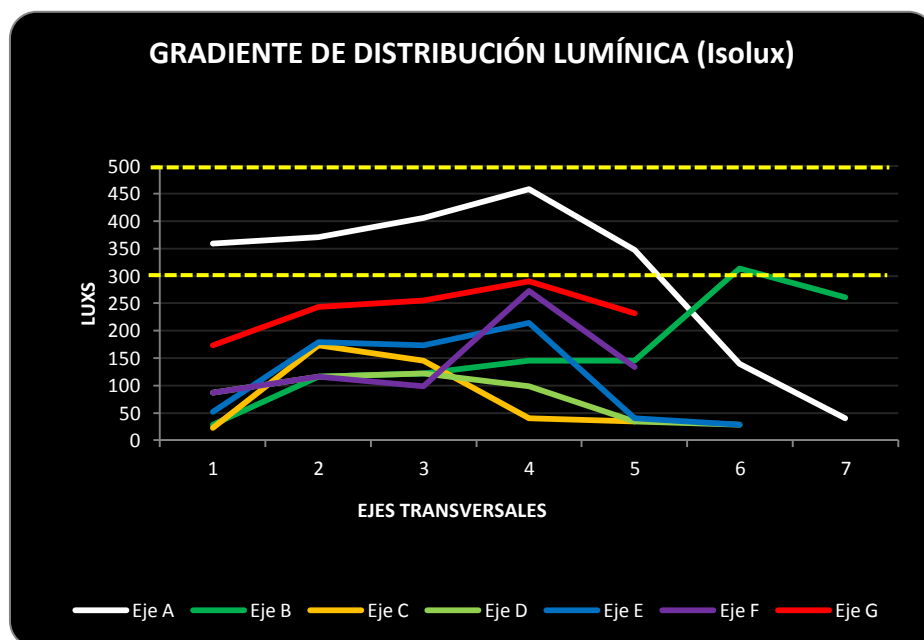


Figura 103. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO 16hrs.

A la misma hora, el factor de día de 18 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. Por el contrario, la gran mayoría, 22 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Un porcentaje de entre 3-5 sólo se presenta en 1 punto. No se presentan porcentajes más altos (tabla 39, figura 98).

A las **18 hrs** las condiciones lumínicas son similares a la condición anterior. En el eje A el punto A1 con 383 lux, A2 con 423 lux, A3 con 493 lux y A5 con 348 lux se encuentran dentro del rango de confort. De la misma manera G6 y G7 con 348 lux. El resto de puntos de medición mostraron valores menores a 300 lux siendo los más desfavorables los lejanos a las ventanas. Sólo 6 de 40 puntos medidos están dentro del rango de confort lumínico (Figuras 97 y 104).

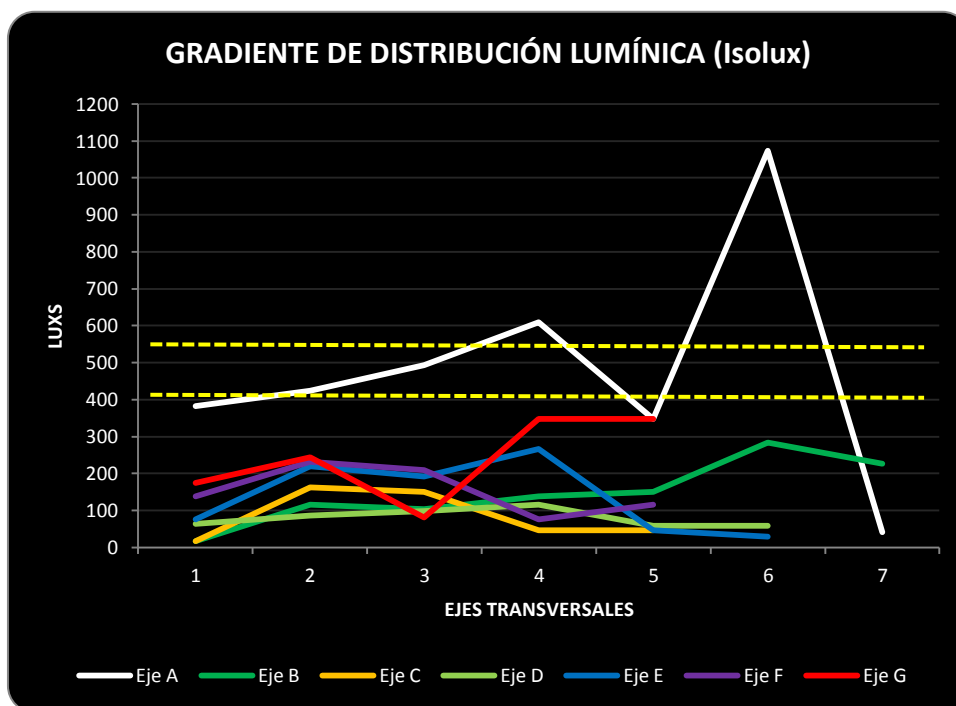


Figura 104. Niveles de iluminancia modelo tridimensional sin estrategias. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS 18hrs.

A la misma hora, el factor de día de 18 puntos de medición se encuentra entre 0-1%. Por el contrario, la gran mayoría, 19 puntos, tiene factor de día entre 1-3%. Un porcentaje de entre 3-5 sólo se presenta en 3 puntos. No se presentan porcentajes más altos (tabla 39, figura 98).

Como conclusión el caso de estudio NO cumple con los requerimientos de niveles de iluminancia recomendados en la condición 1: Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

Los niveles de iluminancia son más bajos comparados con las otras estaciones. Como en la condición anterior los niveles de iluminación no son uniformes en el espacio, lo que puede provocar deslumbramiento. No se presentan cambios significativos durante las horas simuladas. Los niveles más bajos que se registraron están localizados en los puestos de trabajo que tienen separaciones piso techo y en los ejes más alejados de las ventanas. Los niveles más altos registrados están localizados en los puestos de trabajo más cercanos a las ventanas, aunque estos niveles no son tan excesivos como los presentados durante verano y equinoccios. De todas formas estos niveles combinados con el mobiliario que presenta el caso de estudio, pueden causar deslumbramiento.

5.10.1 VALIDACIÓN DE MODELO A ESCALA

El modelo a escala se comporta de la misma manera que el modelo real. Esto se determinó después de comparar los valores de factor de día resultado de la evaluación realizada 19 de diciembre de 2011 en el caso de estudio y los tomados en el modelo a escala el 13 de marzo de 2012 simulando la época de invierno. Esto concluye que cualquier dispositivo evaluado en el modelo a escala presentará los mismos resultados que si se tratara del caso de estudio (Tabla 70).

Lectura CASO ESTUDIO	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
19 DE DICIEMBRE 2011 10:05 am 11:27 am	A	1,2	1,2	1,4	1,9	2,4	1,8	0,8
	B	0,2	1,6	1,8	2,2	2,3	1,9	1,3
	C	0,3	-	-	2,1	2,1	-	0,2
	D	0,7	1,8	-	1,8	1,8	0,2	0,2
	E	0,4	3,1	-	2,7	3,3	0,6	0,6
	F	3,2	1,2	-	1,6	-	1,0	1,6
	G	3,2	2,5	-	1,6	-	2,1	2,5
Lectura MODELO A ESCALA	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
21 DE DICIEMBRE (SIMULADA) 10:00 am	A	1,3	1,2	1,5	1,9	2,3	1,9	0,8
	B	0,2	1,7	1,9	2,2	2,4	2,0	1,3
	C	0,4	-	-	2,0	2,2	0,3	0,2
	D	0,7	1,9	-	1,8	1,8	0,3	0,3
	E	0,4	3,2	-	2,8	3,4	0,7	0,6
	F	3,2	1,4	-	1,7	.	1,1	1,7
	G	3,2	2,6	-	1,7	.	2,1	2,3

Tabla 40. Tabla comparativa entre mediciones en caso de estudio y modelo a escala



5.10.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS.

ESTRATEGIA REPISA DE LUZ.

La estrategia que se evaluó en este trabajo fue determinada por los parámetros dados en la tesis “Aprovechamiento eficiente de la luz diurna en las aulas tipo CAPFCE de la Universidad de Colima, Campus Coquimatlán, Col.” De María de Lourdes Gutiérrez Mandujano de la Universidad de Colima.

- Las repisas de luz afectan el diseño arquitectónico y estructural de una construcción y deberían ser consideradas al principio de la fase de diseño porque requieren un techo relativamente alto para funcionar efectivamente.
- Pueden ser aplicadas en climas con luz directa de sol significativa y en espacios profundos.
- La repisa de luz se posiciona arriba del nivel del ojo, que equivale, generalmente, a un tercio de la altura de la ventana.
- Su objetivo es evitar el deslumbramiento y mantener la vista exterior.
- Mientras más baja sea la altura de la repisa, más grande será el deslumbramiento y la cantidad de luz reflejada hacia el techo.
- Una repisa de luz horizontal generalmente provee el mejor término entre los requerimientos de sombreados y la distribución de luz de día.
- Una repisa de luz interna, reducirá la cantidad de luz recibida en el interior relativa a una ventana convencional. Ambas, medidas a escala y tamaño real, han demostrado que las ventanas con repisas de luz internas producen un factor total de reducción de día en el plano de trabajo por todo el espacio interior comparado con una ventana sin sombra de igual tamaño.
- Una repisa de luz externa incrementa la exposición al área de alta luminosidad cerca del cenit del cielo.
- El mover una repisa al exterior crea un movimiento paralelo del área sombrada hacia la fachada de la ventana, lo cual reduce los niveles de luz de día cerca de la ventana pero mejora la uniformidad de la misma.
- La profundidad recomendada de una repisa de luz externa es igual a su propia altura por arriba del plano de trabajo.

En base a estas consideraciones las dimensiones de la estrategia repisa de luz fueron:

UBICACIÓN	LARGO	PROFUNDIDAD	CONSIDERACIÓN
Tercio superior de la ventana	Determinado por la ventana	1,05	Propia altura por arriba del plano de trabajo

Tabla 41. Características de estrategia repisa de luz

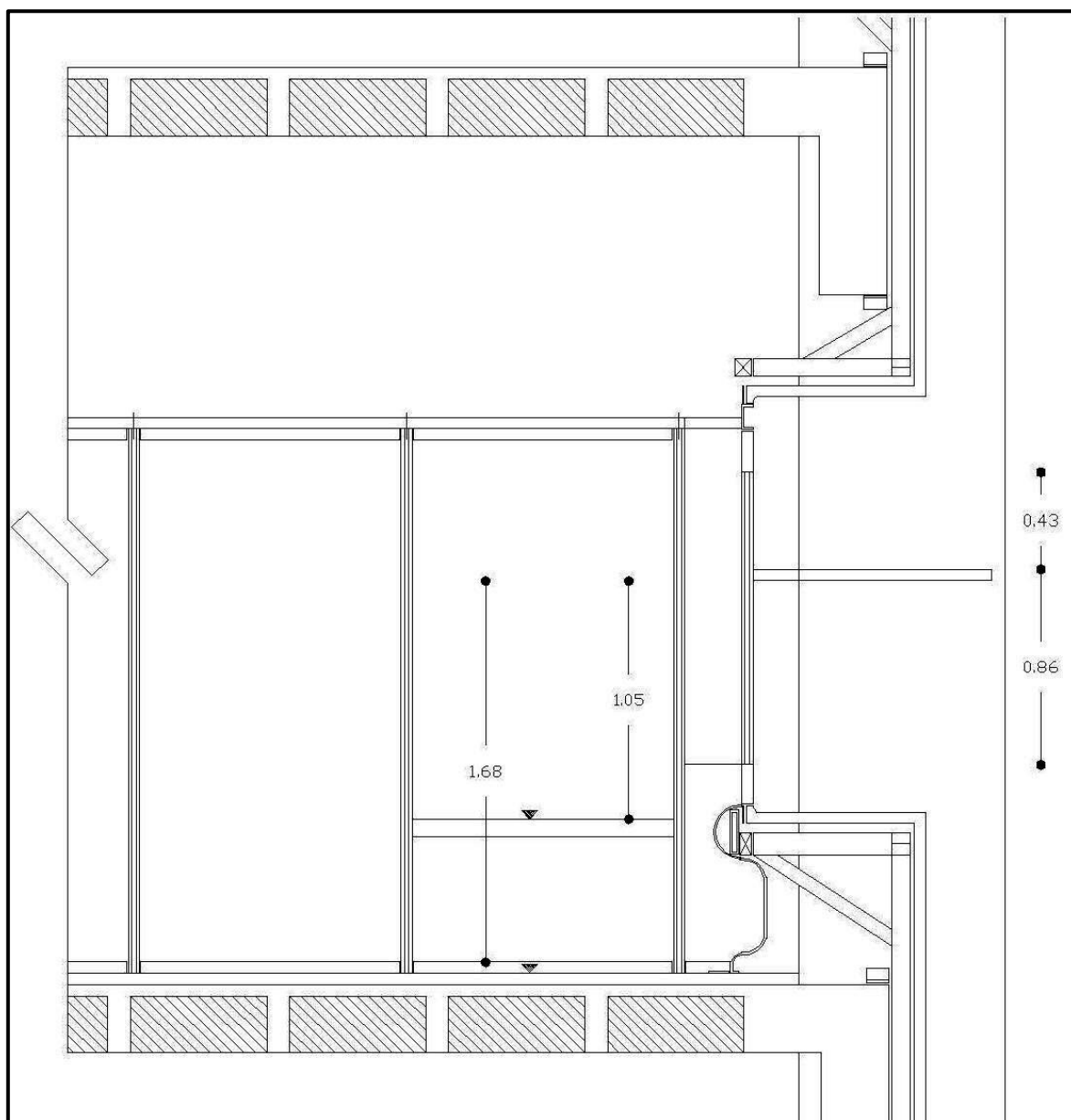


Figura 105. Corte por fachada oeste de Rectoría General con estrategia de repisa de luz.

Después de determinar la configuración del dispositivo se determinaron dos superficies diferentes para su evaluación:

- **TERMINADO ESPECULAR:** 97% de reflectancia. Representado con foil adhesivo color plata brillante.
- **TERMINADO BLANCO:** 87% de reflectancia. Representado con cartulina academia grano natural color blanco.

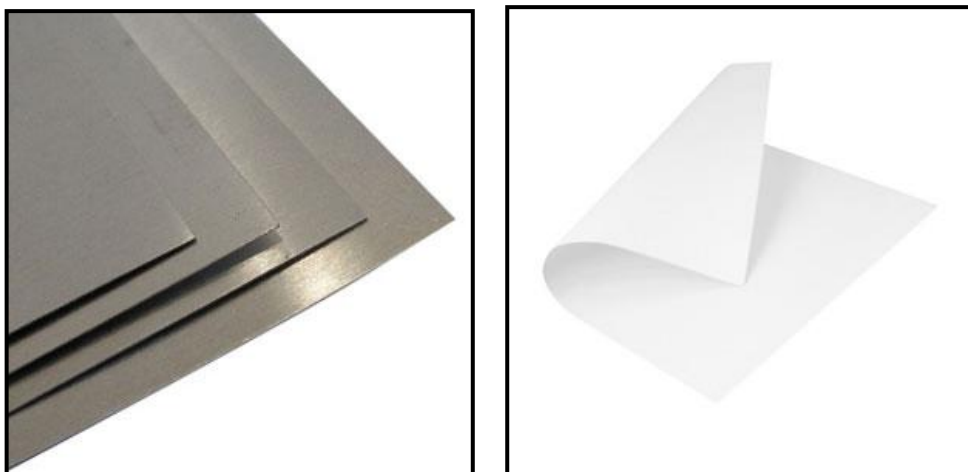


Figura 106. Foil adhesivo y cartulina academia.

ESTRATEGIA ANIDÓLICO.

La estrategia que se evaluó en este trabajo fue determinada por los parámetros dados en el artículo “Anadolic Daylighting Systems” de Jean-Louis Scartezzini y Gilles Courret del Swiss Federal Institute of Technology de Lausanne, Suiza.

Tres diferentes sistemas anidólicos fueron probados: plafón anidólico, sistema integrado anidólico y persianas anidólicas solares. Se instalaron en espacios de 6.55m de profundidad y los dos primeros mostraron una mejoría significativa de los factores de luz de día en condiciones de cielo nublado, comparados con una fachada referencia de doble cristal. El tercer sistema funcionó de mejor manera bajo condiciones de cielo despejado, demostrando que el control solar puede mejorar el confort visual y su funcionamiento total.

SISTEMA ANIDÓLICO INTEGRADO: Este sistema buscaba integrarse de la manera menos invasiva posible a edificios ya existentes proponiendo un colector externo de 0.30m. El punto más bajo del reflector estará a 2m sobre el nivel de piso terminado para no convertirse en una interferencia visual para los ocupantes. La evaluación del rendimiento luminoso del sistema anidólico integrado se logró con simulaciones en un programa de seguimiento de rayos. Se

concluyó que el sistema redistribuye la luz difusa de una manera eficiente, mucho más alta que en condiciones de cielo despejado.

En base a estas consideraciones las dimensiones de la estrategia anidóico fueron:

UBICACIÓN	LARGO	ALTO	PROFUNDIDAD	CONSIDERACIÓN
Tercio superior de la ventana	Determinado por la ventana	0,60m	0,80m	Se aumentaron 0.50m por el desplazamiento de la ventana con respecto a la mampostería.

Tabla 42. Características de estrategia anidóico

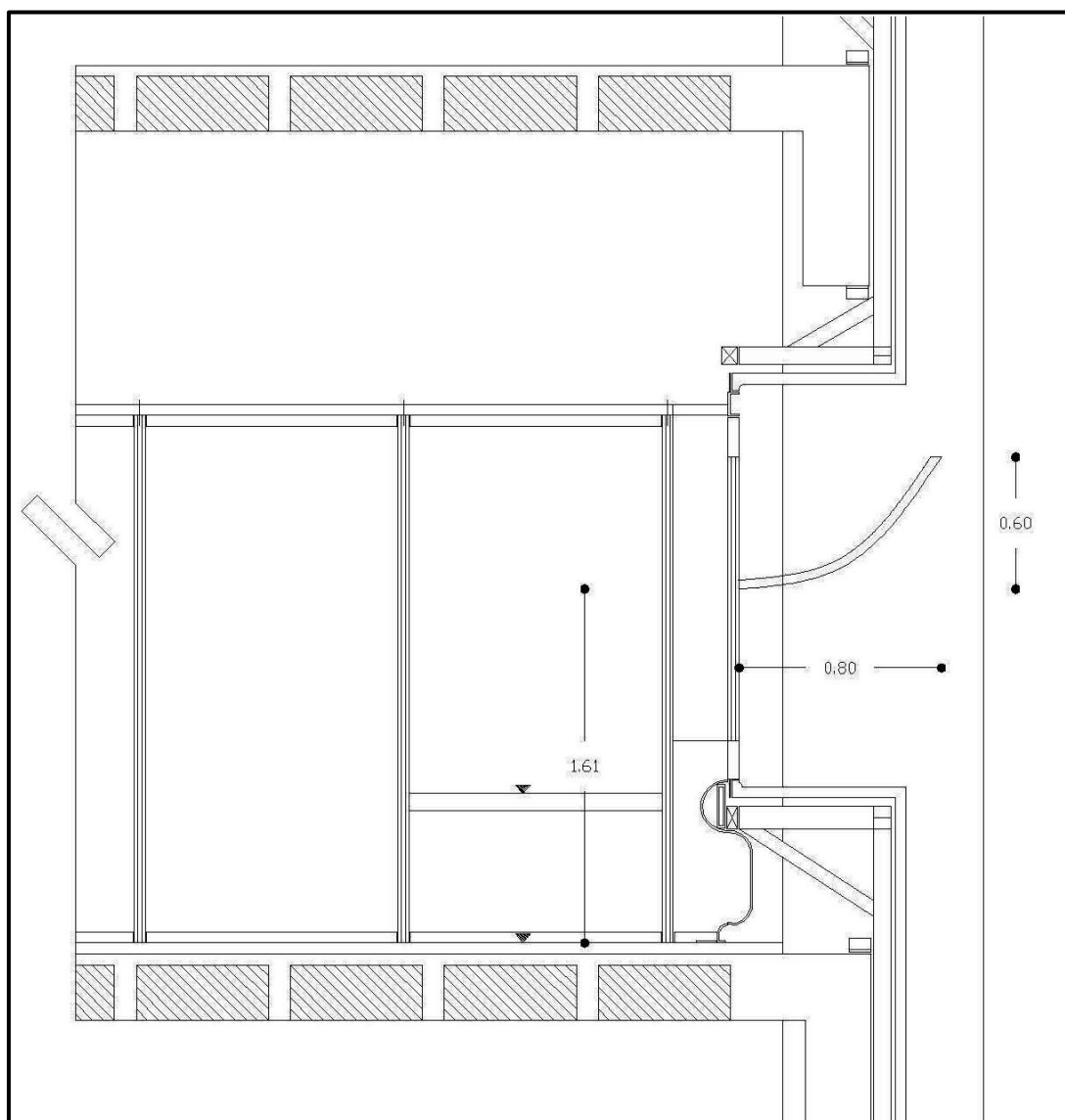


Figura 107. Corte por fachada este de Rectoría General con estrategia anidóica.

Después de determinar la configuración del dispositivo se determinaron dos superficies diferentes para su evaluación:

- TERMINADO ESPECULAR: 97% de reflectancia. Esto fue representado con foil adhesivo color plata brillante.
- TERMINADO CON LENTE FRESNEL: Se utilizó el mismo terminado foil adhesivo y sobre este el lente Fresnel.

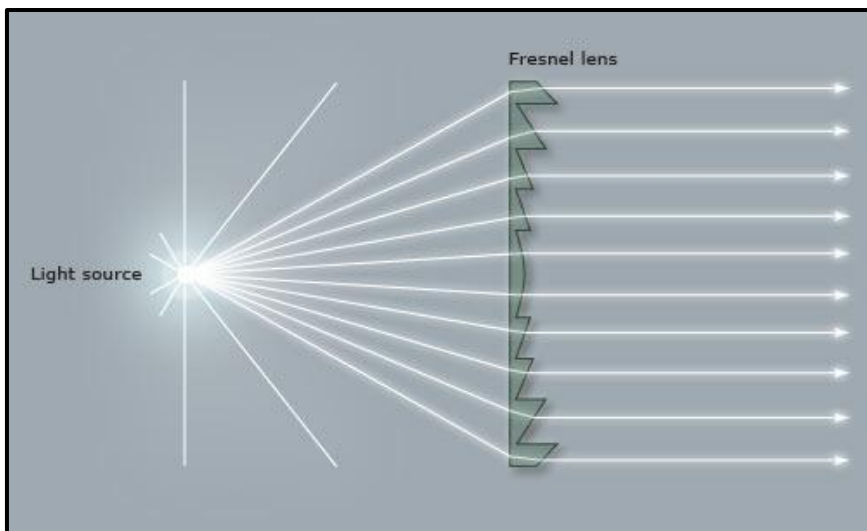


Figura 108. Representación de lente Fresnel.

5.11 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS CON ESTRATEGIAS.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (b) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	15 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de junio
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	10:15
HORA DE TÉRMINO:	12:43
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	9,900
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	10,700
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	10,300

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	128	116	162	296	394	348	377
	B	35	116	145	232	249	84	360
	C	58	-	-	232	255	46	93
	D	58	157	-	209	255	52	41
	E	75	157	-	209	232	46	46
	F	371	133	-	186	-	168	128
	G	1160	1148	-	1508	-	916	365
10:00 h	A	174	133	168	354	371	1114	46
	B	41	75	93	174	174	638	273
	C	46	-	-	151	191	52	41
	D	41	119	-	151	191	64	58
	E	58	116	-	151	151	110	104
	F	226	157	-	203	-	249	249
	G	464	348	-	464	-	882	470
12:00 h	A	244	197	284	742	847	1340	35
	B	29	81	99	174	145	389	157
	C	35	-	-	139	174	64	58
	D	35	107	-	110	174	70	58
	E	35	99	-	75	128	128	104
	F	180	104	-	133	-	162	168
	G	348	290	-	302	-	603	342

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	528	476	563	1363	1891	1815	1177
	B	128	116	151	232	203	603	232
	C	70	-	-	116	157	93	99
	D	46	123	-	133	157	116	75
	E	58	122	-	75	128	139	122
	F	203	110	-	168	-	203	215
	G	232	174	-	267	-	516	307
16:00 h	A	1705	1288	2680	2291	1856	2001	1177
	B	122	360	423	545	406	621	464
	C	75	-	-	215	365	151	116
	D	128	174	-	209	133	87	81
	E	58	133	-	116	116	133	116
	F	232	133	-	139	-	215	128
	G	296	244	-	226	-	226	255
18:00 h	A	2685	2053	2076	5684	2320	1357	522
	B	313	232	887	1334	3248	1218	597
	C	255	-	-	638	708	371	325
	D	255	731	-	1027	708	348	360
	E	394	307	-	371	574	197	116
	F	232	174	-	145	-	145	70
	G	209	162	-	394	-	261	261

Tabla 40. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

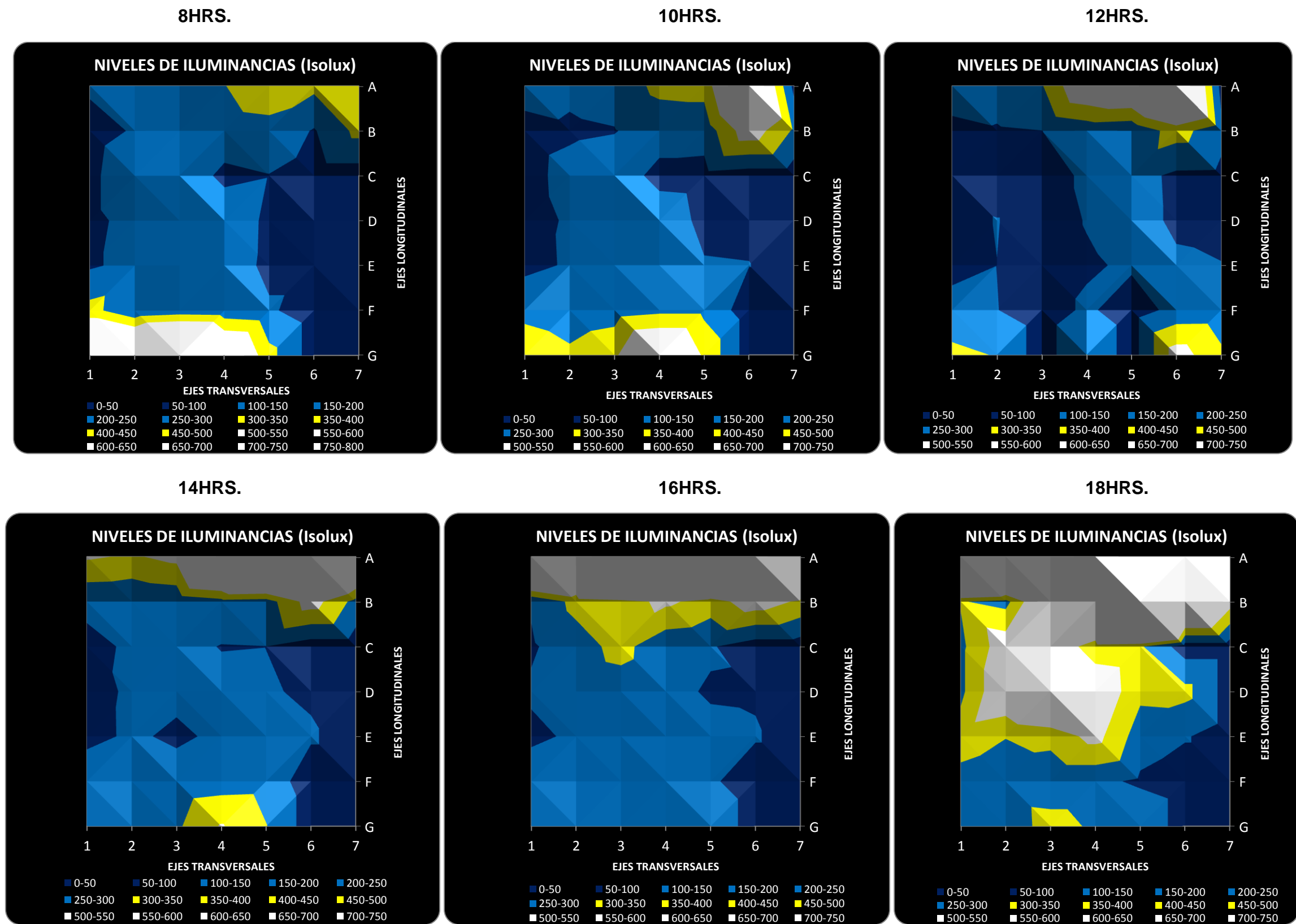


Figura 106. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (b) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	15 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de junio
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	10:15
HORA DE TÉRMINO:	12:43
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	9,900
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	10,700
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	10,300

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	1,5	1,3	1,9	3,4	4,6	4,0	4,4
	B	0,3	1,1	1,4	2,2	2,4	0,8	3,5
	C	0,6	-	-	2,5	2,7	0,5	1,0
	D	0,6	1,7	-	2,3	2,9	0,6	0,5
	E	0,7	1,4	-	1,9	2,1	0,4	0,4
	F	3,4	1,2	-	1,7	-	1,6	1,2
	G	10,7	10,6	-	14,0	-	8,5	3,4
10:00 h	A	2,0	1,6	2,0	4,1	4,3	12,9	0,5
	B	0,4	0,7	0,9	1,7	1,7	6,1	2,6
	C	0,5	-	-	1,6	2,0	0,6	0,4
	D	0,5	1,3	-	1,7	2,1	0,7	0,6
	E	0,5	1,1	-	1,4	1,4	1,0	0,9
	F	2,1	1,5	-	1,9	-	2,3	2,3
	G	4,3	3,2	-	4,3	-	8,2	4,4
12:00 h	A	2,8	2,3	3,3	8,6	9,8	15,6	0,4
	B	0,3	0,8	0,9	1,7	1,4	3,7	1,5
	C	0,4	-	-	1,5	1,9	0,7	0,6
	D	0,4	1,2	-	1,2	1,9	0,8	0,6
	E	0,3	0,9	-	0,7	1,2	1,2	0,9
	F	1,7	1,0	-	1,2	-	1,5	1,6
	G	3,2	2,7	-	2,8	-	5,6	3,2

Factor de Día(FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	6,1	5,5	6,5	15,8	22,0	21,1	13,7
	B	1,2	1,1	1,5	2,2	2,0	5,8	2,2
	C	0,7	-	-	1,2	1,7	1,0	1,1
	D	0,5	1,4	-	1,5	1,7	1,3	0,8
	E	0,5	1,1	-	0,7	1,2	1,3	1,1
	F	1,9	1,0	-	1,6	-	1,9	2,0
	G	2,1	1,6	-	2,5	-	4,8	2,8
16:00 h	A	19,8	15,0	31,2	26,6	21,6	23,3	13,7
	B	1,2	3,5	4,1	5,2	3,9	6,0	4,5
	C	0,8	-	-	2,3	3,9	1,6	1,2
	D	1,4	1,9	-	2,3	1,5	1,0	0,9
	E	0,5	1,2	-	1,1	1,1	1,2	1,1
	F	2,1	1,2	-	1,3	-	2,0	1,2
	G	2,7	2,3	-	2,1	-	2,1	2,4
18:00 h	A	31,2	23,9	24,1	66,1	27,0	15,8	6,1
	B	3,0	2,2	8,5	12,8	31,2	11,7	5,7
	C	2,7	-	-	6,8	7,6	4,0	3,5
	D	2,9	8,2	-	11,5	7,9	3,9	4,0
	E	3,6	2,8	-	3,4	5,2	1,8	1,1
	F	2,1	1,6	-	1,3	-	1,3	0,6
	G	1,9	1,5	-	3,7	-	2,4	2,4

Tablas 41. Porcentaje de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

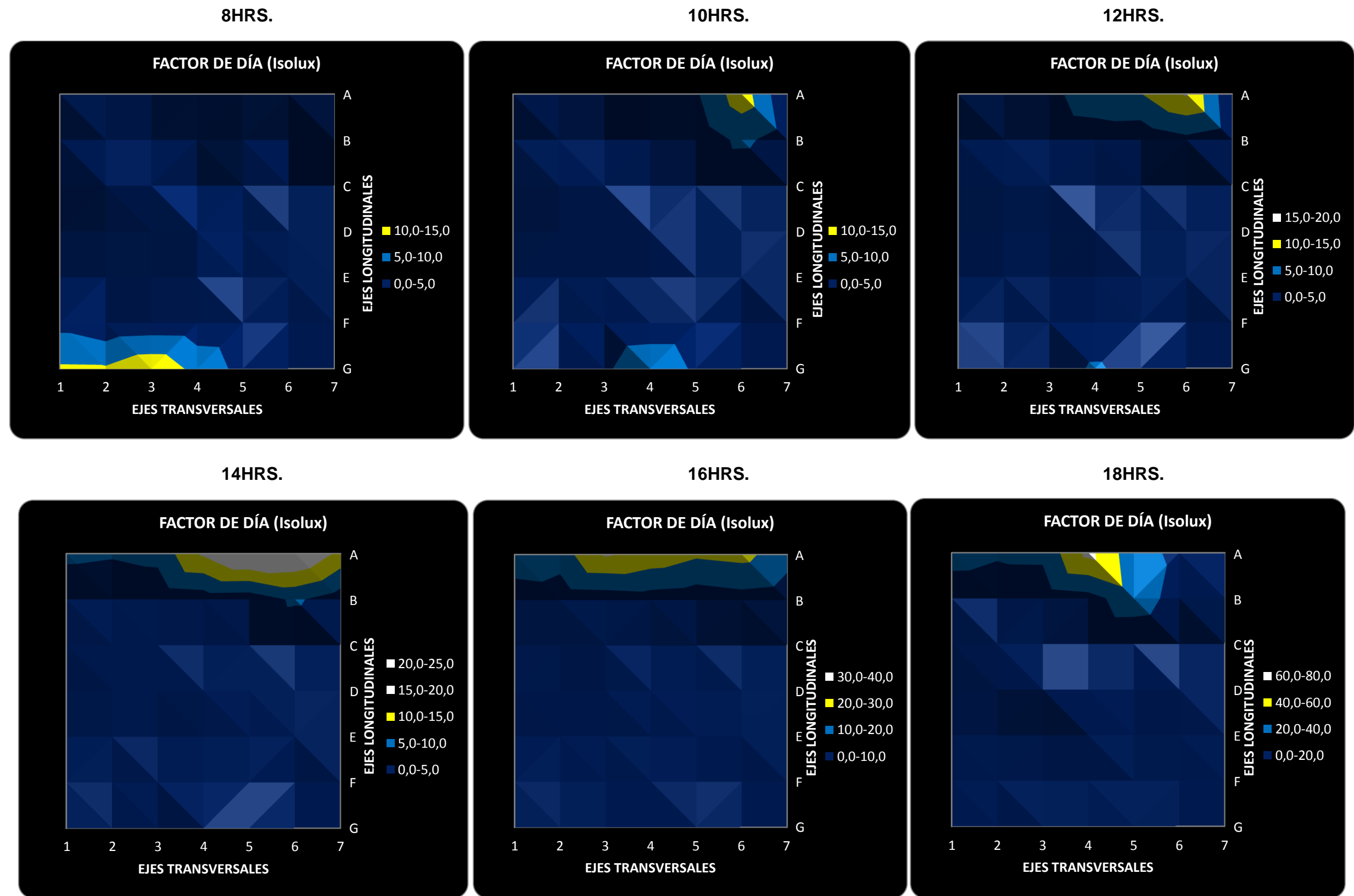


Figura 107. Porcentaje de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.



El dispositivo repisa de luz con terminado especular fue colocado en la fachada oeste para producir sombra en el vidrio en las horas de la tarde y evitar deslumbramiento en esta sección del caso de estudio. Además de que el sistema tiene mejor desempeño con el componente de luz solar directa que es la característica principal de esta fachada. Para sintetizar los resultados sólo se describirán los datos más relevantes en este apartado, enfocándonos más en los ejes cercanos a la fachada donde se instaló el dispositivo.

La fecha de simulación fue el 21 de junio implementando la estrategia de repisa de luz con terminado especular. Se tomaron registro a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs, 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 10300 lux (Tablas 40 y 41).

Durante las 8hrs, 10hrs y 12hrs se observa el mismo comportamiento registrado en el monitoreo (a) modelo experimental sin estrategias: altos niveles de iluminancia en los ejes G y F por estar próximos a la ventana orientada este y no se registra aumento de niveles en las zonas centrales. A las 14hrs, 16 hrs y 18hrs se registran aumentos de niveles de iluminación en el eje A cercano a la ventana oeste, comparados con el monitoreo (a) aunque todos estos valores están por encima del rango de confort. No hay aumentos importantes en los puntos de medición de la zona central (Figura 106).

En conclusión, el sistema de repisa de luz con terminado especular no presenta mejoras significativas en la condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado en verano. Tampoco se registraron valores que indiquen que la sombra que proporciona la repisa de luz reduzca los niveles de iluminancia en los ejes cercanos a la ventana de manera importante.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (b) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	16 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 sept.- 21 marzo
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	10:30
HORA DE TÉRMINO:	13:05
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	11,700
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	10,600
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	11,150

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	145	133	180	360	394	893	348
	B	46	168	186	23	203	458	186
	C	75	-	-	365	383	104	75
	D	70	244	-	284	383	122	110
	E	99	331	-	586	348	174	186
	F	1067	365	-	545	-	458	290
	G	1102	464	-	1334	-	2912	1914
10:00 h	A	220	157	203	377	389	812	348
	B	29	87	104	17	128	342	128
	C	46	-	-	215	203	116	122
	D	52	99	-	128	203	168	128
	E	46	151	-	261	116	174	168
	F	377	145	-	197	-	226	157
	G	406	232	-	812	-	1218	464
12:00 h	A	209	151	197	441	522	766	232
	B	23	70	87	12	99	180	87
	C	52	-	-	139	162	81	87
	D	58	104	-	110	162	116	87
	E	41	104	-	186	232	255	139
	F	284	87	-	151	-	261	174
	G	290	145	-	737	-	1032	377

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	522	452	510	934	1525	1920	505
	B	41	104	133	174	174	516	186
	C	81	-	-	139	197	104	122
	D	46	1096	-	116	197	145	116
	E	64	87	-	133	174	215	104
	F	203	70	-	128	-	186	133
	G	174	116	-	505	-	568	255
16:00 h	A	928	847	1102	2001	870	3347	615
	B	87	191	244	267	307	928	354
	C	128	-	-	203	255	151	209
	D	128	152	-	139	255	209	157
	E	87	87	-	133	116	168	87
	F	278	87	-	174	-	197	145
	G	232	174	-	319	-	597	255
18:00 h	A	1288	2262	1978	922	1815	1995	1299
	B	296	563	644	87	638	1746	1259
	C	180	-	-	290	348	226	371
	D	186	224	-	203	348	290	215
	E	128	75	-	133	174	104	75
	F	249	128	-	145	-	186	75
	G	232	128	-	58	-	261	162

Tabla 42. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

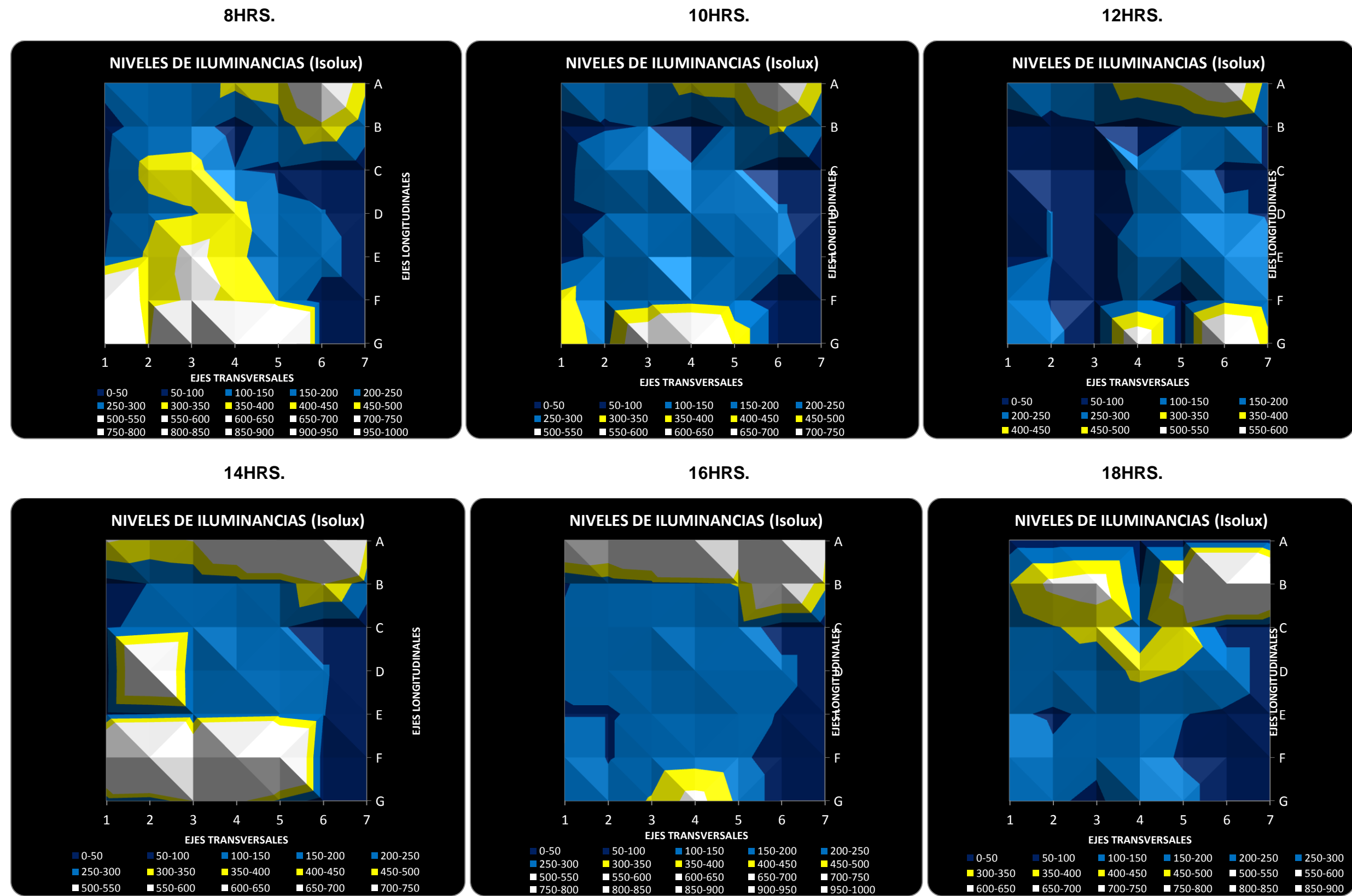


Figura 108. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (b) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	16 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 sept-21 marzo
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	10:30
HORA DE TÉRMINO:	13:05
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	11,700
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	10,600
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	11,150

Factor de Día(FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	1,6	1,5	2,0	3,9	4,3	9,7	3,8
	B	0,5	1,8	2,0	0,3	2,2	5,0	2,0
	C	0,6	-	-	3,1	3,3	0,9	0,6
	D	0,6	2,1	-	2,4	3,3	1,0	0,9
	E	0,9	3,1	-	5,5	3,3	1,6	1,8
	F	9,5	3,3	-	4,9	-	4,1	2,6
	G	9,8	4,1	-	11,9	-	26,0	17,1
10:00 h	A	2,4	1,7	2,2	4,1	4,2	8,8	3,8
	B	0,3	0,9	1,1	0,2	1,4	3,7	1,4
	C	0,4	-	-	1,8	1,7	1,0	1,0
	D	0,4	0,8	-	1,1	1,7	1,4	1,1
	E	0,4	1,4	-	2,5	1,1	1,6	1,6
	F	3,4	1,3	-	1,8	-	2,0	1,4
	G	3,6	2,1	-	7,3	-	10,9	4,1
12:00 h	A	2,3	1,6	2,1	4,8	5,7	8,3	2,5
	B	0,3	0,8	0,9	0,1	1,1	2,0	0,9
	C	0,4	-	-	1,2	1,4	0,7	0,7
	D	0,5	0,9	-	0,9	1,4	1,0	0,7
	E	0,4	1,0	-	1,8	2,2	2,4	1,3
	F	2,5	0,8	-	1,3	-	2,3	1,6
	G	2,6	1,3	-	6,6	-	9,2	3,4

Factor de Día(FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	5,7	4,9	5,5	10,2	16,6	20,9	5,5
	B	0,4	1,1	1,5	1,9	1,9	5,6	2,0
	C	0,7	-	-	1,2	1,7	0,9	1,0
	D	0,4	9,4	-	1,0	1,7	1,2	1,0
	E	0,6	0,8	-	1,3	1,6	2,0	1,0
	F	1,8	0,6	-	1,1	-	1,7	1,2
	G	1,6	1,0	-	4,5	-	5,1	2,3
16:00 h	A	10,1	9,2	12,0	21,8	9,5	36,4	6,7
	B	0,9	2,1	2,6	2,9	3,3	10,1	3,8
	C	1,1	-	-	1,7	2,2	1,3	1,8
	D	1,1	1,3	-	1,2	2,2	1,8	1,3
	E	0,8	0,8	-	1,3	1,1	1,6	0,8
	F	2,5	0,8	-	1,6	-	1,8	1,3
	G	2,1	1,6	-	2,8	-	5,3	2,3
18:00 h	A	14,0	24,6	21,5	10,0	19,7	21,7	14,1
	B	3,2	6,1	7,0	0,9	6,9	19,0	13,7
	C	1,5	-	-	2,5	3,0	1,9	3,2
	D	1,6	1,9	-	1,7	3,0	2,5	1,8
	E	1,2	0,7	-	1,3	1,6	1,0	0,7
	F	2,2	1,1	-	1,3	-	1,7	0,7
	G	2,1	1,1	-	0,5	-	2,3	1,5

Tabla 43. Porcentaje de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

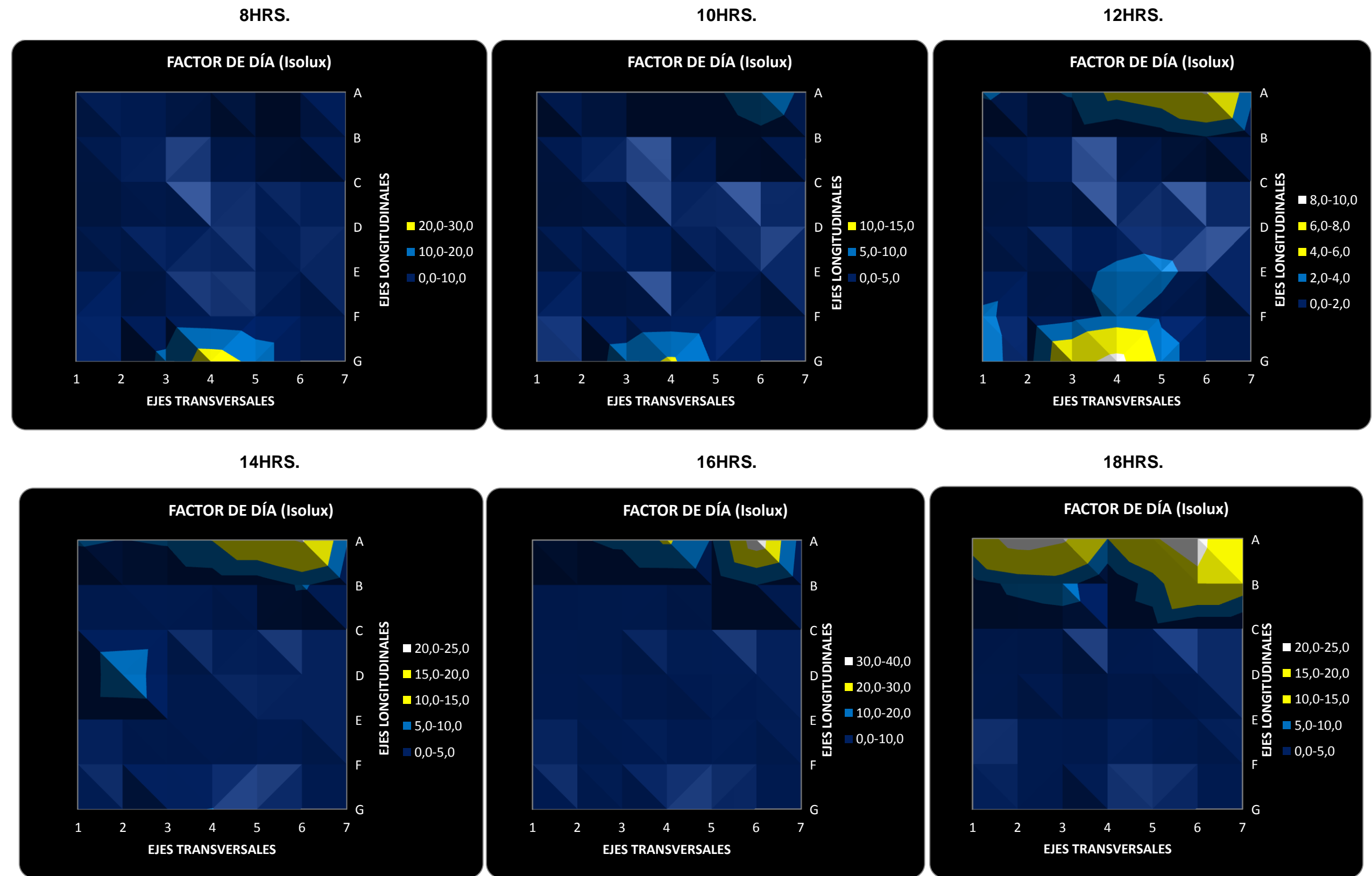


Figura 109. Porcentaje de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.



La fecha de simulación fue el 21 de septiembre-21 de marzo implementando la estrategia de repisa de luz con terminado especular. Se tomaron registro a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs, 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 11150 lux (Tablas 42 y 43).

Durante las 8hrs, 10hrs y 12hrs se observa el mismo comportamiento registrado en el monitoreo (a) modelo experimental sin estrategias: altos niveles de iluminancia en los ejes G y F por estar próximos a la ventana orientada este y no se registra aumento de niveles en las zonas centrales. A las 14hrs, 16 hrs y 18hrs se registran aumentos de niveles de iluminación en el eje A cercano a la ventana oeste, comparados con el monitoreo (a) aunque todos estos valores están por encima del rango de confort. No hay aumentos importantes en los puntos de medición de la zona central (Figura 108).

En conclusión, el sistema de repisa de luz con terminado blanco no presenta mejoras significativas en la condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado en equinoccios. Tampoco se registraron valores que indiquen que la sombra que proporciona la repisa de luz reduzca los niveles de iluminancia en los ejes cercanos a la ventana de manera importante.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (b) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	16 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 diciembre
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	13:16
HORA DE TÉRMINO:	14:55
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	10,300
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	11,900
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	11,100

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	75	203	371	452	441	638	23
	B	46	435	522	644	423	325	232
	C	29	-	-	969	911	35	46
	D	249	540	-	67	911	41	52
	E	220	1085	-	1508	267	110	99
	F	1247	1897	-	1636	-	1467	1027
	G	1624	1972	-	1873	-	3712	3845
10:00 h	A	209	151	186	325	342	441	17
	B	41	157	191	232	157	278	99
	C	58	-	-	331	325	133	116
	D	122	172	-	215	325	139	116
	E	93	331	-	104	110	122	157
	F	1061	916	-	847	-	835	1079
	G	1102	986	-	1218	-	1508	1276
12:00 h	A	215	139	174	360	423	574	17
	B	29	81	93	116	104	244	81
	C	70	-	-	139	133	75	87
	D	64	128	-	133	133	104	81
	E	52	133	-	93	70	261	133
	F	220	191	-	145	-	168	186
	G	464	476	-	1044	-	992	528

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	302	226	267	644	713	1201	348
	B	46	87	99	116	116	319	99
	C	87	-	-	116	133	75	75
	D	81	93	-	104	133	104	81
	E	46	110	-	64	75	174	93
	F	191	162	-	139	-	168	191
	G	186	174	-	574	-	586	365
16:00 h	A	464	423	296	934	1427	2952	986
	B	87	133	157	232	197	586	186
	C	104	-	-	145	157	99	99
	D	104	87	-	99	157	116	93
	E	41	93	-	174	75	151	81
	F	261	162	-	151	-	180	197
	G	267	174	-	313	-	499	302
18:00 h	A	505	423	673	783	969	2192	128
	B	133	186	203	290	244	679	464
	C	104	-	-	162	168	116	128
	D	128	133	-	122	168	145	116
	E	87	139	-	104	104	186	99
	F	267	145	-	157	-	186	145
	G	290	203	-	360	-	586	563

Tabla 44. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

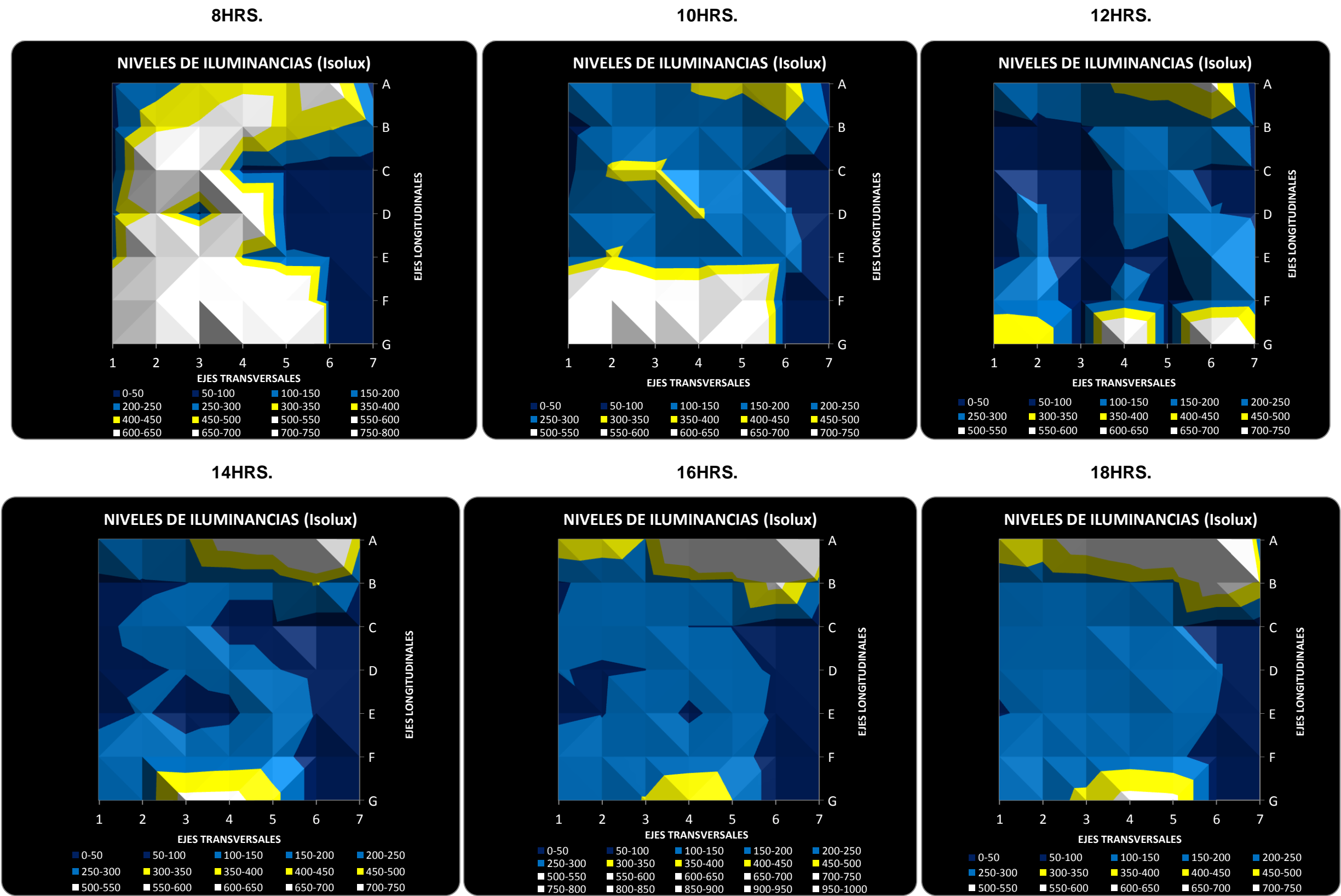


Figura 110. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (b) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	16 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 diciembre
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	13:16
HORA DE TÉRMINO:	14:55
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	10,300
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	11,900
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	12,100

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	0,9	2,4	4,4	5,4	5,3	7,6	0,3
	B	0,6	5,2	6,3	7,7	5,1	3,9	2,8
	C	0,2	-	-	7,9	7,4	0,3	0,4
	D	2,0	4,4	-	0,5	7,4	0,3	0,4
	E	1,9	9,1	-	12,7	2,2	0,9	0,8
	F	11,5	17,6	-	15,1	-	13,6	9,5
	G	15,0	18,3	-	17,3	-	34,4	35,6
10:00 h	A	2,5	1,8	2,2	3,9	4,1	5,3	0,2
	B	0,5	1,9	2,3	2,8	1,9	3,3	1,2
	C	0,5	-	-	2,7	2,6	1,1	0,9
	D	1,0	1,4	-	1,7	2,6	1,1	0,9
	E	0,8	2,8	-	0,9	0,9	1,0	1,3
	F	9,8	8,5	-	7,8	-	7,7	10,0
	G	10,2	9,1	-	11,3	-	14,0	11,8
12:00 h	A	2,6	1,7	2,1	4,3	5,1	6,9	0,2
	B	0,3	1,0	1,1	1,4	1,3	2,9	1,0
	C	0,6	-	-	1,1	1,1	0,6	0,7
	D	0,5	1,0	-	1,1	1,1	0,8	0,7
	E	0,4	1,1	-	0,8	0,6	2,2	1,1
	F	2,0	1,8	-	1,3	-	1,6	1,7
	G	4,3	4,4	-	9,7	-	9,2	4,9

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	3,6	2,7	3,2	7,7	8,5	14,4	4,2
	B	0,6	1,0	1,2	1,4	1,4	3,8	1,2
	C	0,7	-	-	0,9	1,1	0,6	0,6
	D	0,7	0,8	-	0,8	1,1	0,8	0,7
	E	0,4	0,9	-	0,5	0,6	1,5	0,8
	F	1,8	1,5	-	1,3	-	1,6	1,8
	G	1,7	1,6	-	5,3	-	5,4	3,4
16:00 h	A	5,6	5,1	3,5	11,2	17,1	35,4	11,8
	B	1,0	1,6	1,9	2,8	2,4	7,0	2,2
	C	0,8	-	-	1,2	1,3	0,8	0,8
	D	0,8	0,7	-	0,8	1,3	0,9	0,8
	E	0,3	0,8	-	1,5	0,6	1,3	0,7
	F	2,4	1,5	-	1,4	-	1,7	1,8
	G	2,5	1,6	-	2,9	-	4,6	2,8
18:00 h	A	6,0	5,1	8,1	9,4	11,6	26,3	1,5
	B	1,6	2,2	2,4	3,5	2,9	8,1	5,6
	C	0,8	-	-	1,3	1,4	0,9	1,0
	D	1,0	1,1	-	1,0	1,4	1,2	0,9
	E	0,7	1,2	-	0,9	0,9	1,6	0,8
	F	2,5	1,3	-	1,5	-	1,7	1,3
	G	2,7	1,9	-	3,3	-	5,4	5,2

Tabla 45. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

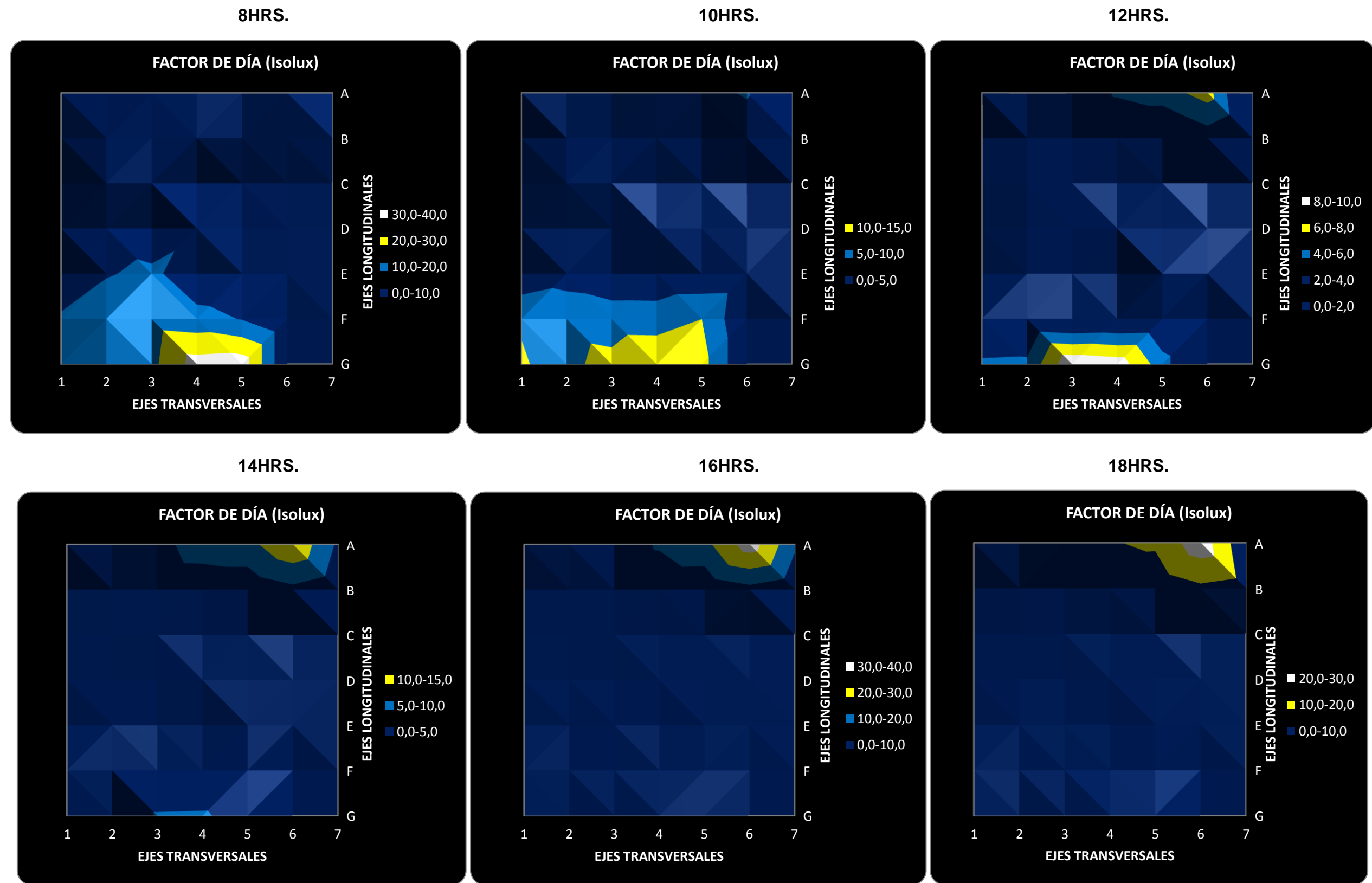


Figura 111. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.



La fecha de simulación fue el 21 de diciembre implementando la estrategia de repisa de luz con terminado especular. Se tomaron registro a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs, 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 12100 lux (Tablas 44 y 45).

Durante las 8hrs, 10hrs y 12hrs se observa el mismo comportamiento registrado en el monitoreo (a) modelo experimental sin estrategias: altos niveles de iluminancia en los ejes G y F por estar próximos a la ventana orientada este y no se registra aumento de niveles en las zonas centrales. A las 14hrs, 16 hrs y 18hrs se registran aumentos de niveles de iluminación en el eje A cercano a la ventana oeste, comparados con el monitoreo (a) aunque todos estos valores están por encima del rango de confort. No hay aumentos importantes en los puntos de medición de la zona central (Figura 110).

En conclusión, el sistema de repisa de luz con terminado especular no presenta mejoras significativas en la condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado en invierno. Tampoco se registraron valores que indiquen que la sombra que proporciona la repisa de luz reduzca los niveles de iluminancia en los ejes cercanos a la ventana de manera importante.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (c) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	19 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de junio
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	9:50
HORA DE TÉRMINO:	11:45
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	11,700
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	12,800
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	12,250

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	174	162	151	215	232	244	232
	B	29	128	116	180	226	84	360
	C	58	-	-	162	226	46	93
	D	58	157	-	116	157	35	41
	E	75	157	-	116	116	35	23
	F	377	244	-	290	-	186	116
	G	1015	696	-	1131	-	928	464
10:00 h	A	209	145	151	284	313	464	406
	B	17	116	93	209	162	487	244
	C	46	-	-	110	168	35	41
	D	41	122	-	110	145	46	46
	E	58	104	-	168	116	116	128
	F	226	174	-	232	-	209	290
	G	342	244	-	493	-	580	441
12:00 h	A	464	284	215	592	406	632	273
	B	58	197	133	232	215	435	186
	C	35	-	-	180	145	64	46
	D	29	116	-	110	151	58	64
	E	70	180	-	104	110	151	116
	F	133	244	-	116	-	232	157
	G	203	284	-	273	-	493	261

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	464	429	563	696	766	870	592
	B	104	261	151	249	244	568	244
	C	46	-	-	174	203	81	75
	D	70	116	-	168	168	104	58
	E	41	110	-	162	116	128	151
	F	157	128	-	174	-	232	226
	G	278	215	-	302	-	435	400
16:00 h	A	1856	1525	3492	2668	1989	1902	1195
	B	139	342	365	580	5046	1259	464
	C	116	-	-	238	307	209	220
	D	116	180	-	232	307	186	157
	E	81	139	-	255	116	116	93
	F	174	116	-	139	-	209	128
	G	244	209	-	232	-	180	290
18:00 h	A	2030	2453	1711	3364	3265	1421	696
	B	307	249	592	1247	2442	1032	545
	C	174	-	-	551	1160	261	249
	D	273	568	-	574	551	232	238
	E	174	244	-	336	284	162	139
	F	220	162	-	174	-	215	186
	G	232	226	-	273	-	389	348

Tabla 46. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

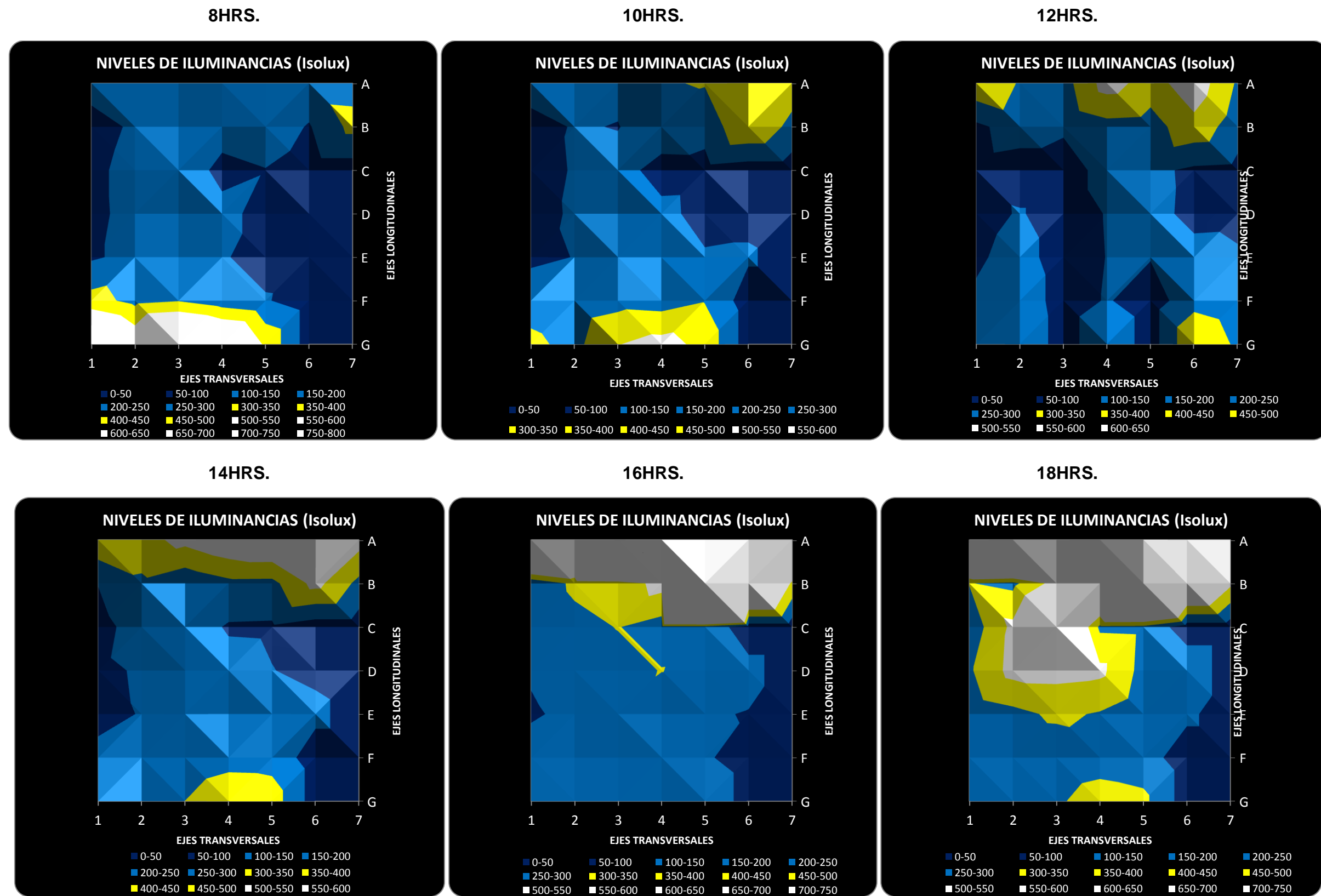


Figura 112. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (c) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	19 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de junio
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	9:50
HORA DE TÉRMINO:	11:45
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	11,700
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	12,800
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	12,250

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	1,7	1,6	1,5	2,1	2,3	2,4	2,3
	B	0,3	1,2	1,1	1,6	2,1	0,8	3,3
	C	0,5	-	-	1,4	1,9	0,4	0,8
	D	0,5	1,3	-	1,0	1,3	0,3	0,3
	E	0,6	1,2	-	0,9	0,9	0,3	0,2
	F	2,9	1,9	-	2,3	-	1,5	0,9
	G	7,9	5,4	-	8,8	-	7,3	3,6
10:00 h	A	2,1	1,5	1,5	2,8	3,1	4,6	4,1
	B	0,2	1,1	0,8	1,9	1,5	4,4	2,2
	C	0,4	-	-	0,9	1,4	0,3	0,3
	D	0,3	1,0	-	0,9	1,2	0,4	0,4
	E	0,5	0,8	-	1,3	0,9	0,9	1,0
	F	1,8	1,4	-	1,8	-	1,6	2,3
	G	2,7	1,9	-	3,9	-	4,5	3,4
12:00 h	A	4,6	2,8	2,1	5,9	4,1	6,3	2,7
	B	0,5	1,8	1,2	2,1	2,0	4,0	1,7
	C	0,3	-	-	1,5	1,2	0,5	0,4
	D	0,2	1,0	-	0,9	1,3	0,5	0,5
	E	0,5	1,4	-	0,8	0,9	1,2	0,9
	F	1,0	1,9	-	0,9	-	1,8	1,2
	G	1,6	2,2	-	2,1	-	3,9	2,0

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	4,6	4,3	5,6	7,0	7,7	8,7	5,9
	B	0,9	2,4	1,4	2,3	2,2	5,2	2,2
	C	0,4	-	-	1,5	1,7	0,7	0,6
	D	0,6	1,0	-	1,4	1,4	0,9	0,5
	E	0,3	0,9	-	1,3	0,9	1,0	1,2
	F	1,2	1,0	-	1,4	-	1,8	1,8
	G	2,2	1,7	-	2,4	-	3,4	3,1
16:00 h	A	18,6	15,3	34,9	26,7	19,9	19,0	11,9
	B	1,3	3,1	3,3	5,3	45,9	11,4	4,2
	C	1,0	-	-	2,0	2,6	1,8	1,9
	D	1,0	1,5	-	2,0	2,6	1,6	1,3
	E	0,6	1,1	-	2,0	0,9	0,9	0,7
	F	1,4	0,9	-	1,1	-	1,6	1,0
	G	1,9	1,6	-	1,8	-	1,4	2,3
18:00 h	A	20,3	24,5	17,1	33,6	32,7	14,2	7,0
	B	2,8	2,3	5,4	11,3	22,2	9,4	5,0
	C	1,5	-	-	4,7	9,9	2,2	2,1
	D	2,3	4,8	-	4,9	4,7	2,0	2,0
	E	1,4	1,9	-	2,6	2,2	1,3	1,1
	F	1,7	1,3	-	1,4	-	1,7	1,5
	G	1,8	1,8	-	2,1	-	3,0	2,7

Tabla 47. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

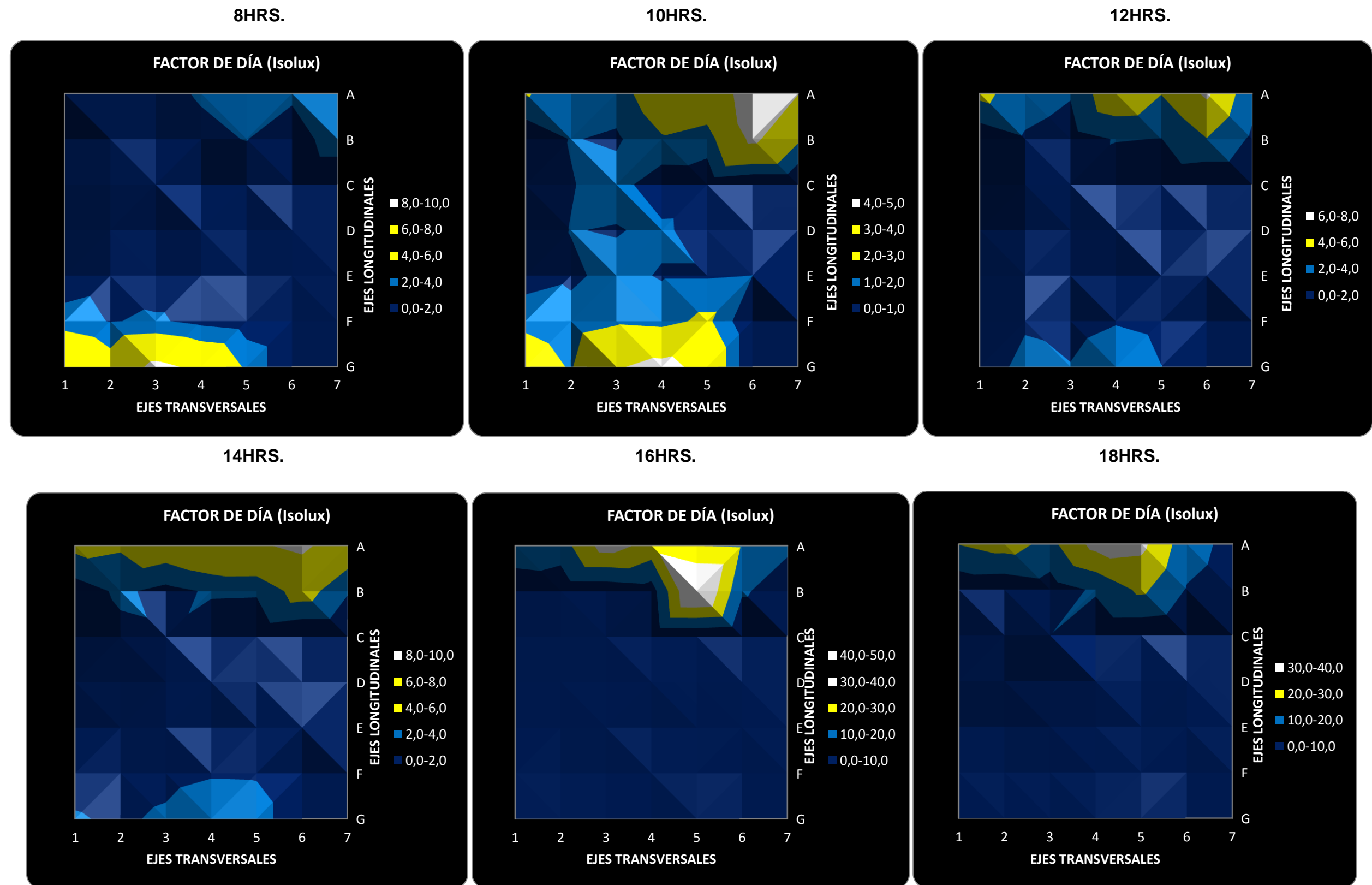


Figura 113. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

El dispositivo repisa de luz con terminado blanco fue colocado en la fachada oeste para producir sombra en el vidrio en las horas de la tarde y evitar deslumbramiento en esta sección del caso de estudio. Además de que el sistema tiene mejor desempeño con el componente de luz solar directa que es la característica principal de esta fachada. Para sintetizar los resultados sólo se describirán los datos más relevantes en este apartado, enfocándonos más en los ejes cercanos a la fachada donde se instaló el dispositivo.

La fecha de simulación fue el 21 de junio implementando la estrategia de repisa de luz con terminado blanco. Se tomaron registro a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs, 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 12250 lux (Tablas 46 y 47).

Durante las 8hrs, 10hrs y 12hrs se observa el mismo comportamiento registrado en el monitoreo (a) modelo experimental sin estrategias: altos niveles de iluminancia en los ejes G y F por estar próximos a la ventana orientada este y no se registra aumento de niveles en las zonas centrales. A las 14hrs, 16 hrs y 18hrs se registran aumentos de niveles de iluminación en el eje A cercano a la ventana oeste, comparados con el monitoreo (a) aunque todos estos valores están por encima del rango de confort. Sólo a las 18hrs se registran aumentos importantes en los puntos de medición de la zona central, pero todos sobrepasan la zona recomendada (Figura 112).

En conclusión, el sistema de repisa de luz con terminado blanco no presenta mejoras significativas en la condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado en verano. Tampoco se registraron valores que indiquen que la sombra que proporciona la repisa de luz reduce los niveles de iluminancia en los ejes cercanos a la ventana.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (c) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	19 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 sept-21 marzo
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	12:00
HORA DE TÉRMINO:	14:03
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	12,600
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	11,700
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	12,150

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	232	168	226	429	261	452	400
	B	41	145	174	244	180	406	232
	C	46	-	-	232	168	70	58
	D	81	180	-	203	168	87	81
	E	58	244	-	284	180	174	168
	F	708	307	-	522	-	476	215
	G	1148	592	-	829	-	1230	1288
10:00 h	A	203	174	232	307	273	522	418
	B	35	145	209	174	168	313	220
	C	29	-	-	145	180	87	58
	D	70	116	-	122	174	75	64
	E	23	128	-	186	145	145	116
	F	267	145	-	180	-	209	186
	G	534	499	-	638	-	1067	412
12:00 h	A	267	197	203	365	487	719	348
	B	35	122	122	116	168	232	186
	C	41	-	-	122	116	70	64
	D	75	116	-	104	151	93	93
	E	17	128	-	174	180	203	174
	F	267	93	-	174	-	232	197
	G	412	133	-	568	-	574	290

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	638	539	406	800	887	1398	505
	B	58	244	203	244	238	331	186
	C	70	-	-	180	145	81	93
	D	81	487	-	116	174	93	70
	E	64	116	-	157	180	99	104
	F	174	128	-	174	-	162	87
	G	197	238	-	296	-	458	232
16:00 h	A	864	766	696	1711	754	2511	557
	B	99	174	232	290	238	638	487
	C	116	-	-	180	226	116	122
	D	110	139	-	116	203	104	116
	E	58	122	-	116	128	133	122
	F	174	116	-	197	-	180	157
	G	290	215	-	342	-	516	296
18:00 h	A	1218	1902	1340	800	1647	1862	1073
	B	180	435	394	232	493	1566	406
	C	116	-	-	162	244	139	145
	D	168	174	-	151	174	203	191
	E	162	122	-	168	197	116	133
	F	226	110	-	116	-	209	116
	G	238	215	-	215	-	313	186

Tabla 48. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

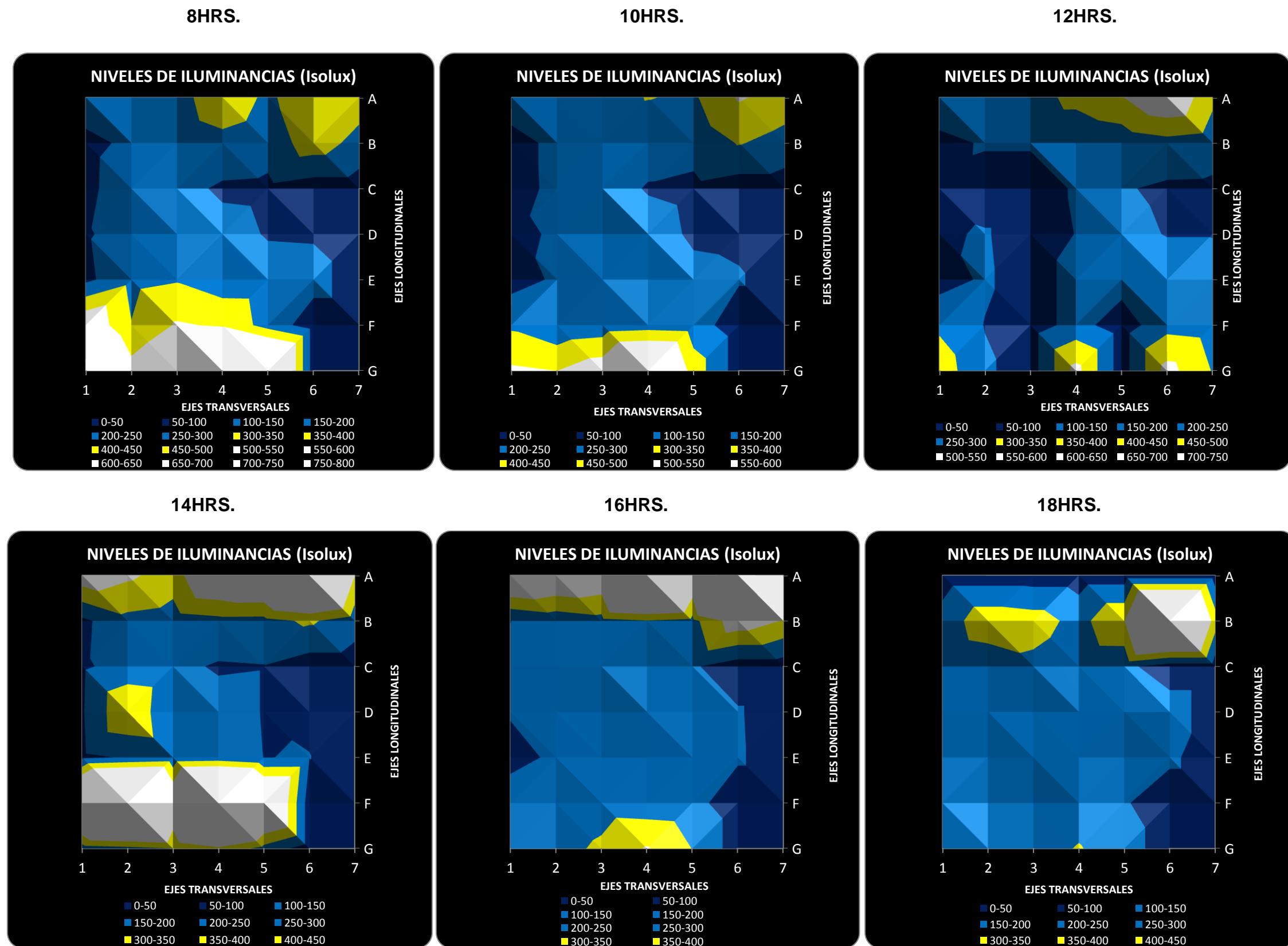


Figura 114. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (c) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	19 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 sept-21 marzo
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	12:00
HORA DE TÉRMINO:	14:03
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	12,600
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	11,700
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	12,150

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	2,3	1,7	2,3	4,3	2,6	4,5	4,0
	B	0,4	1,3	1,6	2,2	1,6	3,7	2,1
	C	0,4	-	-	2,0	1,4	0,6	0,5
	D	0,7	1,5	-	1,7	1,4	0,7	0,7
	E	0,5	1,9	-	2,2	1,4	1,4	1,3
	F	5,5	2,4	-	4,1	-	3,7	1,7
	G	9,0	4,6	-	6,5	-	9,6	10,1
10:00 h	A	2,0	1,7	2,3	3,1	2,7	5,2	4,2
	B	0,3	1,3	1,9	1,6	1,5	2,8	2,0
	C	0,2	-	-	1,2	1,5	0,7	0,5
	D	0,6	1,0	-	1,0	1,5	0,6	0,5
	E	0,2	1,0	-	1,5	1,1	1,1	0,9
	F	2,1	1,1	-	1,4	-	1,6	1,5
	G	4,2	3,9	-	5,0	-	8,3	3,2
12:00 h	A	2,7	2,0	2,0	3,7	4,9	7,2	3,5
	B	0,3	1,1	1,1	1,1	1,5	2,1	1,7
	C	0,3	-	-	1,0	1,0	0,6	0,5
	D	0,6	1,0	-	0,9	1,3	0,8	0,8
	E	0,1	1,0	-	1,4	1,4	1,6	1,4
	F	2,1	0,7	-	1,4	-	1,8	1,5
	G	3,2	1,0	-	4,4	-	4,5	2,3

Factor de Día(FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	6,4	5,4	4,1	8,0	8,9	14,0	5,0
	B	0,5	2,2	1,8	2,2	2,2	3,0	1,7
	C	0,6	-	-	1,5	1,2	0,7	0,8
	D	0,7	4,1	-	1,0	1,5	0,8	0,6
	E	0,5	0,9	-	1,2	1,4	0,8	0,8
	F	1,4	1,0	-	1,4	-	1,3	0,7
	G	1,5	1,9	-	2,3	-	3,6	1,8
16:00 h	A	8,6	7,7	7,0	17,1	7,5	25,1	5,6
	B	0,9	1,6	2,1	2,6	2,2	5,8	4,4
	C	1,0	-	-	1,5	1,9	1,0	1,0
	D	0,9	1,2	-	1,0	1,7	0,9	1,0
	E	0,5	1,0	-	0,9	1,0	1,1	1,0
	F	1,4	0,9	-	1,5	-	1,4	1,2
	G	2,3	1,7	-	2,7	-	4,0	2,3
18:00 h	A	12,2	19,0	13,4	8,0	16,5	18,6	10,7
	B	1,6	4,0	3,6	2,1	4,5	14,2	3,7
	C	1,0	-	-	1,4	2,1	1,2	1,2
	D	1,4	1,5	-	1,3	1,5	1,7	1,6
	E	1,3	1,0	-	1,3	1,6	0,9	1,1
	F	1,8	0,9	-	0,9	-	1,6	0,9
	G	1,9	1,7	-	1,7	-	2,4	1,5

Tabla 49. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

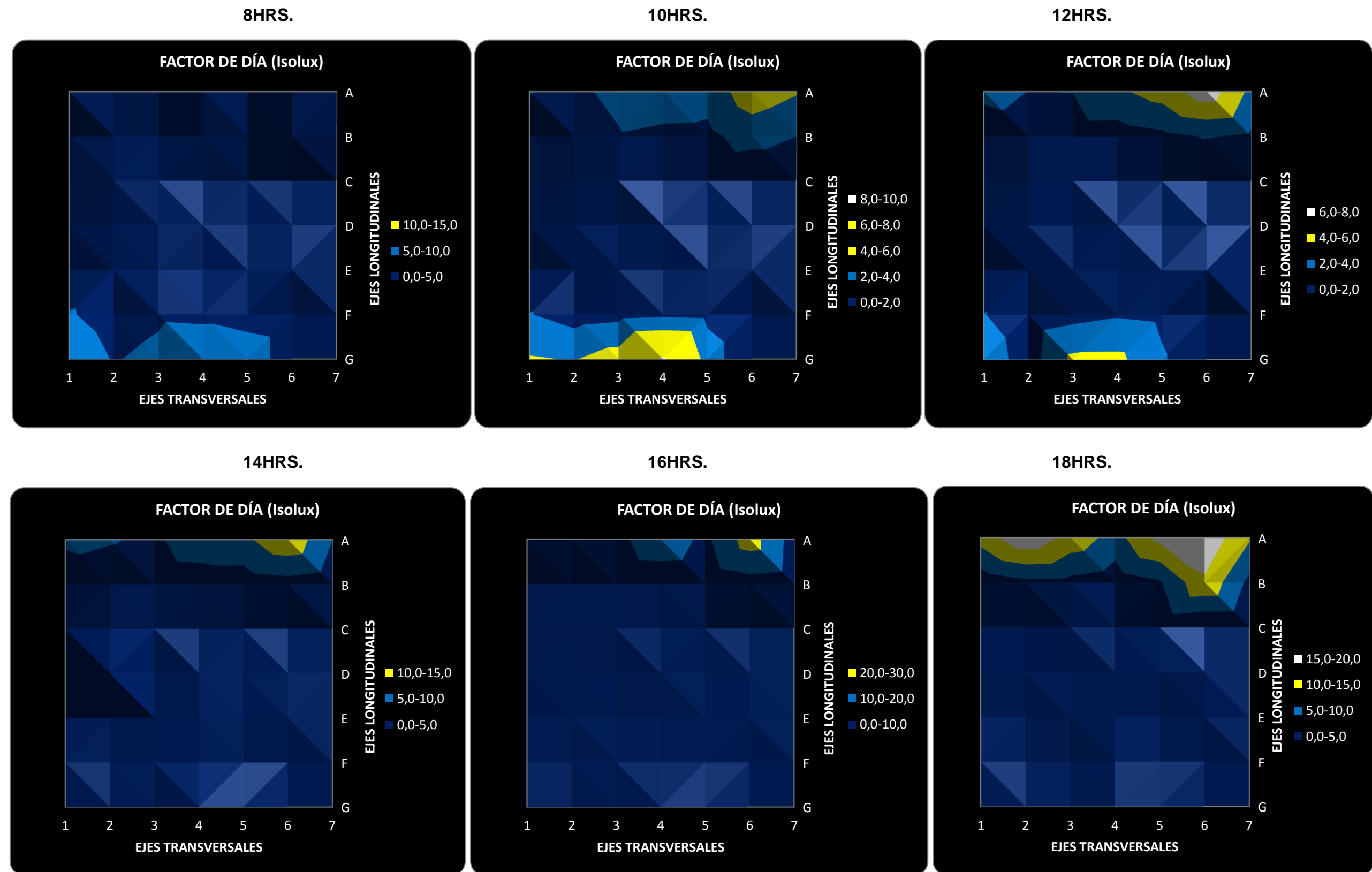


Figura 115. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.



La fecha de simulación fue el 21 de septiembre- 21 de marzo implementando la estrategia de repisa de luz con terminado blanco. Se tomaron registro a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs. 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 12150 lux (Tablas 48 y 49).

Durante las 8hrs, 10hrs y 12hrs se observa el mismo comportamiento registrado en el monitoreo (a) modelo experimental sin estrategias: altos niveles de iluminancia en los ejes G y F por estar próximos a la ventana orientada este y no se registra aumento de niveles en las zonas centrales. A las 14hrs, 16 hrs y 18hrs se registran aumentos de niveles de iluminación en el eje A cercano a la ventana oeste, comparados con el monitoreo (a) aunque todos estos valores están por encima del rango de confort. Los puntos de medición de la zona central están por debajo de los 300 lux (Figura 114).

En conclusión, el sistema de repisa de luz con terminado blanco no presenta mejoras significativas en la condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado en equinoccios. Tampoco se registraron valores que indiquen que la sombra que proporciona la repisa de luz reduce los niveles de iluminancia en los ejes cercanos a la ventana.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (c) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	20 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de diciembre
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	9:45
HORA DE TÉRMINO:	11:50
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	12,000
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	12,900
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	12,450

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	122	203	302	389	336	574	23
	B	29	435	174	360	331	267	232
	C	41	-	-	232	545	29	29
	D	186	540	-	151	371	41	46
	E	70	1085	-	812	232	87	116
	F	1131	1897	-	911	-	731	922
	G	1218	1972	-	1624	-	1270	1798
10:00 h	A	232	174	226	360	284	371	342
	B	29	145	145	238	215	232	116
	C	70	-	-	232	157	81	70
	D	110	122	-	226	180	58	75
	E	35	180	-	162	116	128	157
	F	713	713	-	690	-	493	870
	G	963	893	-	1363	-	725	1137
12:00 h	A	273	226	244	313	476	348	197
	B	35	116	133	186	145	203	116
	C	58	-	-	145	116	58	52
	D	98	104	-	116	139	70	70
	E	29	139	-	104	122	168	116
	F	232	209	-	174	-	203	215
	G	325	389	-	493	-	516	348

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	418	238	296	702	911	1032	290
	B	58	116	133	238	203	249	162
	C	64	-	-	180	128	64	75
	D	87	110	-	116	133	58	64
	E	46	116	-	75	110	145	116
	F	238	145	-	151	-	151	215
	G	226	174	-	336	-	551	470
16:00 h	A	760	557	418	777	1096	1862	887
	B	116	180	174	348	232	499	238
	C	99	-	-	203	157	116	99
	D	116	116	-	122	110	99	99
	E	46	93	-	197	93	133	116
	F	186	168	-	145	-	203	267
	G	296	249	-	441	-	429	371
18:00 h	A	702	551	638	702	864	1363	406
	B	168	168	232	273	249	592	209
	C	116	-	-	180	209	122	116
	D	197	110	-	162	203	116	104
	E	58	104	-	116	116	168	116
	F	180	116	-	197	-	226	174
	G	232	197	-	342	-	458	331

Tabla 50. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

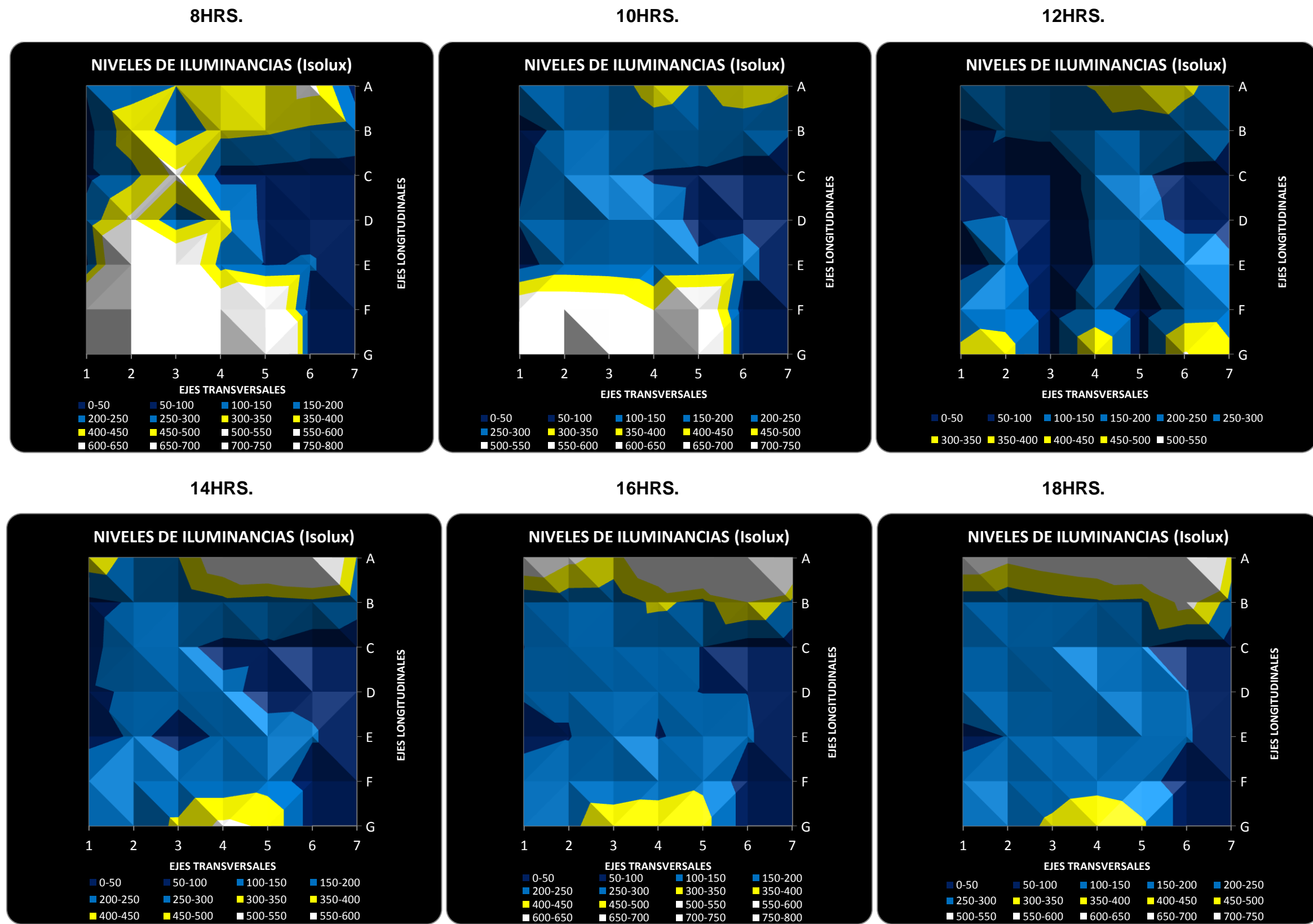


Figura 116. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (c) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	20 de marzo 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de diciembre
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	9:45
HORA DE TÉRMINO:	11:50
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	12,000
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	12,900
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	12,450

Factor de Día(FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	1,1	1,8	2,7	3,5	3,0	5,2	0,2
	B	0,3	3,9	1,6	3,2	3,0	2,4	2,1
	C	0,3	-	-	1,8	4,3	0,2	0,2
	D	1,5	4,2	-	1,2	2,9	0,3	0,4
	E	0,5	7,9	-	5,9	1,7	0,6	0,8
	F	8,2	13,7	-	6,6	-	5,3	6,7
	G	9,5	15,4	-	12,7	-	9,9	14,0
10:00 h	A	2,1	1,6	2,0	3,2	2,6	3,3	3,1
	B	0,3	1,3	1,3	2,1	1,9	2,1	1,0
	C	0,5	-	-	1,8	1,2	0,6	0,5
	D	0,9	1,0	-	1,8	1,4	0,5	0,6
	E	0,3	1,3	-	1,2	0,8	0,9	1,1
	F	5,2	5,2	-	5,0	-	3,6	6,3
	G	7,5	7,0	-	10,6	-	5,7	8,9
12:00 h	A	2,5	2,0	2,2	2,8	4,3	3,1	1,8
	B	0,3	1,0	1,2	1,7	1,3	1,8	1,0
	C	0,5	-	-	1,1	0,9	0,5	0,4
	D	0,8	0,8	-	0,9	1,1	0,5	0,5
	E	0,2	1,0	-	0,8	0,9	1,2	0,8
	F	1,7	1,5	-	1,3	-	1,5	1,6
	G	2,5	3,0	-	3,9	-	4,0	2,7

Factor de Día(FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	3,8	2,1	2,7	6,3	8,2	9,3	2,6
	B	0,5	1,0	1,2	2,1	1,8	2,2	1,5
	C	0,5	-	-	1,4	1,0	0,5	0,6
	D	0,7	0,9	-	0,9	1,0	0,5	0,5
	E	0,3	0,8	-	0,6	0,8	1,1	0,8
	F	1,7	1,1	-	1,1	-	1,1	1,6
	G	1,8	1,4	-	2,6	-	4,3	3,7
16:00 h	A	6,8	5,0	3,8	7,0	9,9	16,8	8,0
	B	1,0	1,6	1,6	3,1	2,1	4,5	2,1
	C	0,8	-	-	1,6	1,2	0,9	0,8
	D	0,9	0,9	-	1,0	0,9	0,8	0,8
	E	0,3	0,7	-	1,4	0,7	1,0	0,8
	F	1,3	1,2	-	1,1	-	1,5	1,9
	G	2,3	1,9	-	3,4	-	3,4	2,9
18:00 h	A	6,3	5,0	5,7	6,3	7,8	12,3	3,7
	B	1,5	1,5	2,1	2,4	2,2	5,3	1,9
	C	0,9	-	-	1,4	1,6	1,0	0,9
	D	1,5	0,9	-	1,3	1,6	0,9	0,8
	E	0,4	0,8	-	0,8	0,8	1,2	0,8
	F	1,3	0,8	-	1,4	-	1,6	1,3
	G	1,8	1,5	-	2,7	-	3,6	2,6

Tabla 51. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

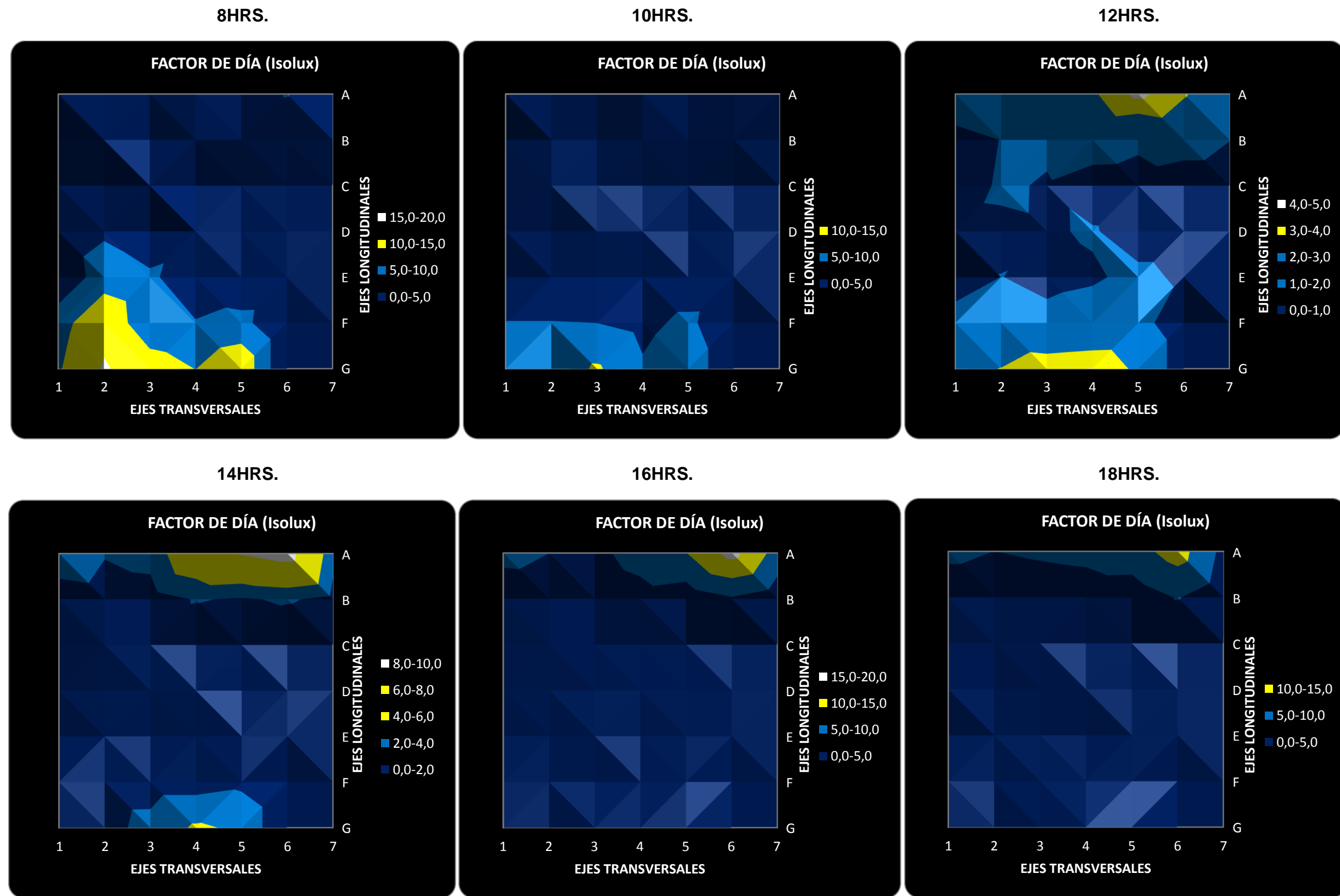


Figura 117. Porcentajes de Factor de Día. Modelo tridimensional con estrategia repisa de luz terminado blanco. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.



La fecha de simulación fue el 21 de diciembre implementando la estrategia de repisa de luz con terminado blanco. Se tomaron registro a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs. 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 12450 lux (Tablas 50 y 51).

Durante las 8hrs, 10hrs y 12hrs se observa el mismo comportamiento registrado en el monitoreo (a) modelo experimental sin estrategias: altos niveles de iluminancia en los ejes G y F por estar próximos a la ventana orientada este y no se registra aumento de niveles en las zonas centrales. A las 14hrs, 16 hrs y 18hrs se registran aumentos de niveles de iluminación en el eje A cercano a la ventana oeste, comparados con el monitoreo (a) aunque todos estos valores están por encima del rango de confort. Los puntos de medición de la zona central están por debajo de los 300 lux (Figura 116).

En conclusión, el sistema de repisa de luz con terminado blanco no presenta mejoras significativas en la condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado en invierno. Tampoco se registraron valores que indiquen que la sombra que proporciona la repisa de luz reduce los niveles de iluminancia en los ejes cercanos a la ventana.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (d) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA ANIDÓLICA TERMINADO ESPECULAR. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	3 de abril 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de junio
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	9:45
HORA DE TÉRMINO:	11:50
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	10,600
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	13,800
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	12,200

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	505	336	435	331	348	2581	7946
	B	23	64	99	116	226	609	829
	C	52	-	-	209	232	52	41
	D	70	174	-	209	244	46	46
	E	58	128	-	157	226	215	180
	F	406	232	-	418	-	383	371
	G	168	41	-	864	-	696	1450
10:00 h	A	505	336	464	331	354	2320	3161
	B	35	58	110	151	174	499	708
	C	58	-	-	180	215	58	70
	D	52	162	-	174	197	52	70
	E	12	197	-	203	168	174	186
	F	1462	1653	-	377	-	278	551
	G	2320	52	-	522	-	325	1160
12:00 h	A	847	557	812	435	441	2094	2645
	B	17	46	75	197	110	244	360
	C	41	-	-	174	157	58	46
	D	52	110	-	215	174	35	35
	E	58	133	-	128	133	133	162
	F	835	400	-	290	-	284	476
	G	928	29	-	406	-	458	3074

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	1392	853	1247	667	626	2361	3022
	B	46	93	122	412	220	499	696
	C	81	-	-	360	180	70	70
	D	52	151	-	174	168	116	104
	E	6	99	-	104	128	93	110
	F	226	174	-	145	-	186	261
	G	290	696	-	307	-	284	928
16:00 h	A	3869	2111	2703	4524	638	3637	2784
	B	128	452	534	1154	870	1612	2105
	C	93	-	-	389	464	110	93
	D	116	180	-	307	232	122	116
	E	23	209	-	232	244	116	110
	F	168	162	-	174	-	220	232
	G	580	690	-	244	-	284	754
18:00 h	A	2332	2042	2732	4872	2076	2935	3985
	B	110	4396	940	4530	2343	1398	8781
	C	145	-	-	638	789	273	232
	D	215	429	-	887	458	296	278
	E	35	319	-	348	267	128	81
	F	151	191	-	180	-	157	1276
	G	464	319	-	406	-	232	232

Tabla 52. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

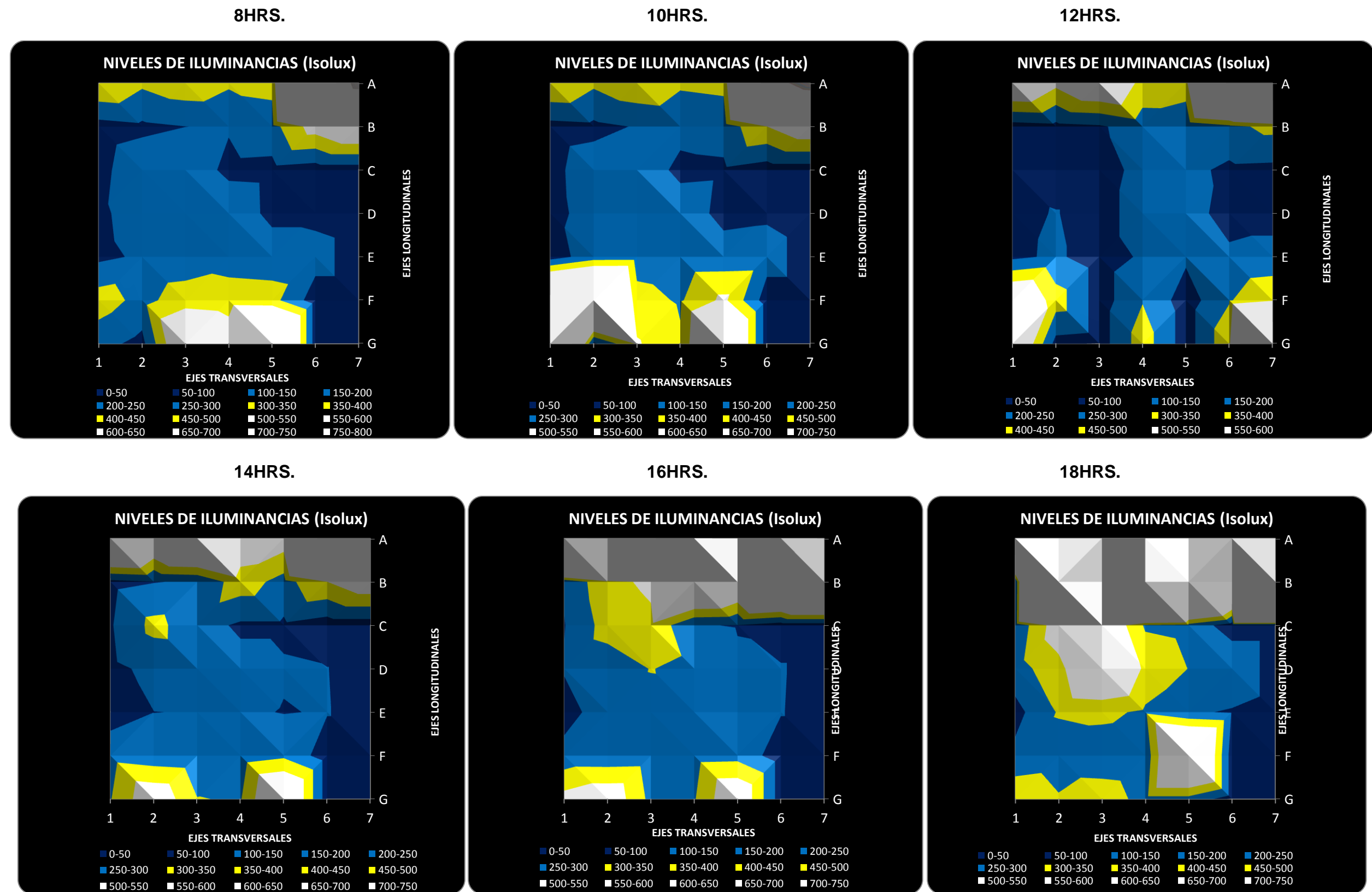


Figura 118. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (d) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA ANIDÓLICA TERMINADO ESPECULAR. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	3 de abril 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de junio
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	9:45
HORA DE TÉRMINO:	11:50
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	10,600
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	13,800
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	12,200

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	4,0	2,7	3,5	2,6	2,8	20,6	63,6
	B	0,2	0,5	0,8	1,0	1,9	5,0	6,8
	C	0,4	-	-	1,7	1,9	0,4	0,3
	D	0,6	1,4	-	1,7	2,0	0,4	0,4
	E	0,5	1,0	-	1,3	1,8	1,7	1,4
	F	2,5	1,4	-	2,5	-	2,3	2,3
	G	1,0	0,2	-	5,3	-	4,2	8,8
10:00 h	A	4,0	2,7	3,7	2,6	2,8	18,6	25,3
	B	0,3	0,5	0,9	1,2	1,4	4,1	5,8
	C	0,5	-	-	1,5	1,7	0,5	0,6
	D	0,4	1,3	-	1,4	1,6	0,4	0,6
	E	0,1	1,6	-	1,6	1,4	1,4	1,5
	F	8,9	10,1	-	2,3	-	1,7	3,4
	G	14,1	0,3	-	3,2	-	2,0	7,1
12:00 h	A	6,8	4,5	6,5	3,5	3,5	16,8	21,2
	B	0,1	0,4	0,6	1,6	0,9	2,0	3,0
	C	0,3	-	-	1,4	1,3	0,5	0,4
	D	0,4	0,9	-	1,7	1,4	0,3	0,3
	E	0,5	1,1	-	1,0	1,1	1,1	1,3
	F	5,1	2,4	-	1,8	-	1,7	2,9
	G	5,7	0,2	-	2,5	-	2,8	18,7

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	11,1	6,8	10,0	5,3	5,0	18,9	24,2
	B	0,4	0,8	1,0	3,4	1,8	4,1	5,7
	C	0,7	-	-	2,9	1,5	0,6	0,6
	D	0,4	1,2	-	1,4	1,4	0,9	0,8
	E	0,0	0,8	-	0,8	1,0	0,7	0,9
	F	1,4	1,1	-	0,9	-	1,1	1,6
	G	1,8	4,2	-	1,9	-	1,7	5,7
16:00 h	A	30,9	16,9	21,6	36,2	5,1	29,1	22,3
	B	1,1	3,7	4,4	9,5	7,2	13,3	17,3
	C	0,8	-	-	3,2	3,8	0,9	0,8
	D	0,9	1,5	-	2,5	1,9	1,0	0,9
	E	0,2	1,7	-	1,9	2,0	0,9	0,9
	F	1,0	1,0	-	1,1	-	1,3	1,4
	G	3,5	4,2	-	1,5	-	1,7	4,6
18:00 h	A	18,7	16,3	21,9	39,0	16,6	23,5	31,9
	B	0,9	36,2	7,7	37,3	19,3	11,5	72,3
	C	1,2	-	-	5,2	6,4	2,2	1,9
	D	1,7	3,5	-	7,2	3,7	2,4	2,3
	E	0,3	2,6	-	2,8	2,1	1,0	0,7
	F	0,9	1,2	-	1,1	-	1,0	7,8
	G	2,8	1,9	-	2,5	-	1,4	1,4

Tabla 53. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

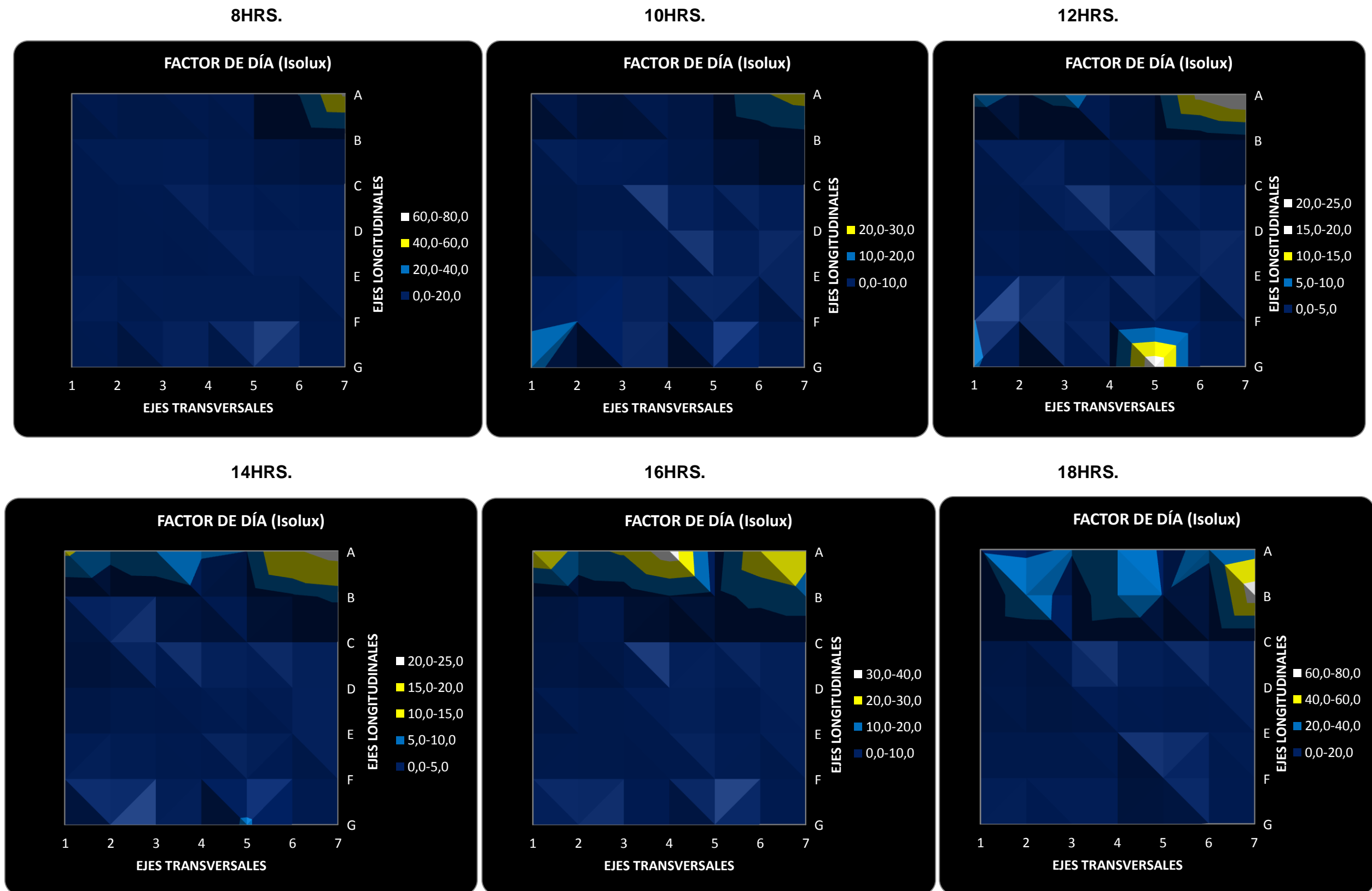


Figura 119. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.



El dispositivo anidólico terminado especular fue colocado en la fachada este por tener mejor desempeño con luz solar difusa que es la característica principal de esta fachada. Para sintetizar los resultados sólo se describirán los datos más relevantes en este apartado, enfocándonos más en los ejes cercanos a la fachada donde se instaló el dispositivo.

La fecha de simulación fue el 21 de junio implementando la estrategia anidólica con terminado especular. Se tomaron registro a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs, 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 12200 lux (Tablas 52 y 53).

Durante las 8hrs, 10hrs y 12hrs se observa un comportamiento similar al registrado en el monitoreo (a) modelo experimental sin estrategias: altos niveles de iluminancia en los ejes G y F por estar próximos a la ventana orientada este. Aunque existe un aumento en los niveles de iluminación en los ejes centrales, sólo pocos puntos llegan a niveles de confort visual: a las 8hrs hay 8 puntos en rango de confort comparados con los 6 del monitoreo (a); a las 10 hrs hay 7 puntos en rango de confort comparados con los 5 del monitoreo (a); a las 12 hrs también 7 puntos en rango de confort comparados con los 8 del monitoreo (a). Los niveles en los ejes A y B cercanos la ventana orientada oeste son similares a los registrados en el monitoreo base (Figura 118).

Durante la tarde no se encontraron cambios significativos.

En conclusión, el sistema anidólico terminado especular presenta mejoras comparado con la condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado en verano.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (d) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA ANIDÓLICA TERMINADO ESPECULAR. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	3 de abril 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 sept-21 marzo
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	12:20
HORA DE TÉRMINO:	14:47
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	12,900
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	11,100
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	12,000

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	516	319	435	325	336	1705	2071
	B	17	104	139	197	261	592	505
	C	58	-	-	261	348	116	104
	D	81	220	-	232	249	110	87
	E	5	174	-	267	255	313	232
	F	650	563	-	1160	-	824	777
	G	278	244	-	1392	-	1984	1856
10:00 h	A	644	487	592	673	458	1380	1798
	B	23	261	539	313	313	464	597
	C	35	-	-	278	290	81	93
	D	99	348	-	232	209	87	87
	E	5	690	-	679	1067	1879	690
	F	4518	1856	-	1508	-	1601	2801
	G	2668	75	-	1682	-	1740	4756
12:00 h	A	487	412	609	905	406	1305	1624
	B	12	487	986	307	238	302	389
	C	64	-	-	244	261	81	81
	D	70	348	-	389	232	93	110
	E	81	1380	-	986	336	331	673
	F	5696	2442	-	1694	-	528	783
	G	1740	58	-	1827	-	696	1682

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	777	609	737	510	510	1630	1943
	B	23	99	99	128	145	278	348
	C	58	-	-	162	174	87	70
	D	64	116	-	162	157	104	70
	E	64	110	-	168	145	168	191
	F	249	244	-	203	-	261	406
	G	522	35	-	302	-	348	1450
16:00 h	A	1334	1015	1641	824	829	3190	3480
	B	23	157	180	267	325	180	986
	C	81	-	-	197	302	122	116
	D	116	145	-	174	244	174	104
	E	9	93	-	99	116	812	52
	F	116	139	-	139	-	186	261
	G	522	35	-	296	-	557	1450
18:00 h	A	3271	3178	3173	1752	2158	3770	4524
	B	75	273	302	667	412	1085	1496
	C	58	-	-	354	331	151	151
	D	203	139	-	232	302	133	116
	E	12	110	-	104	93	52	23
	F	93	81	-	87	-	104	93
	G	174	116	-	116	-	151	348

Tabla 54. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

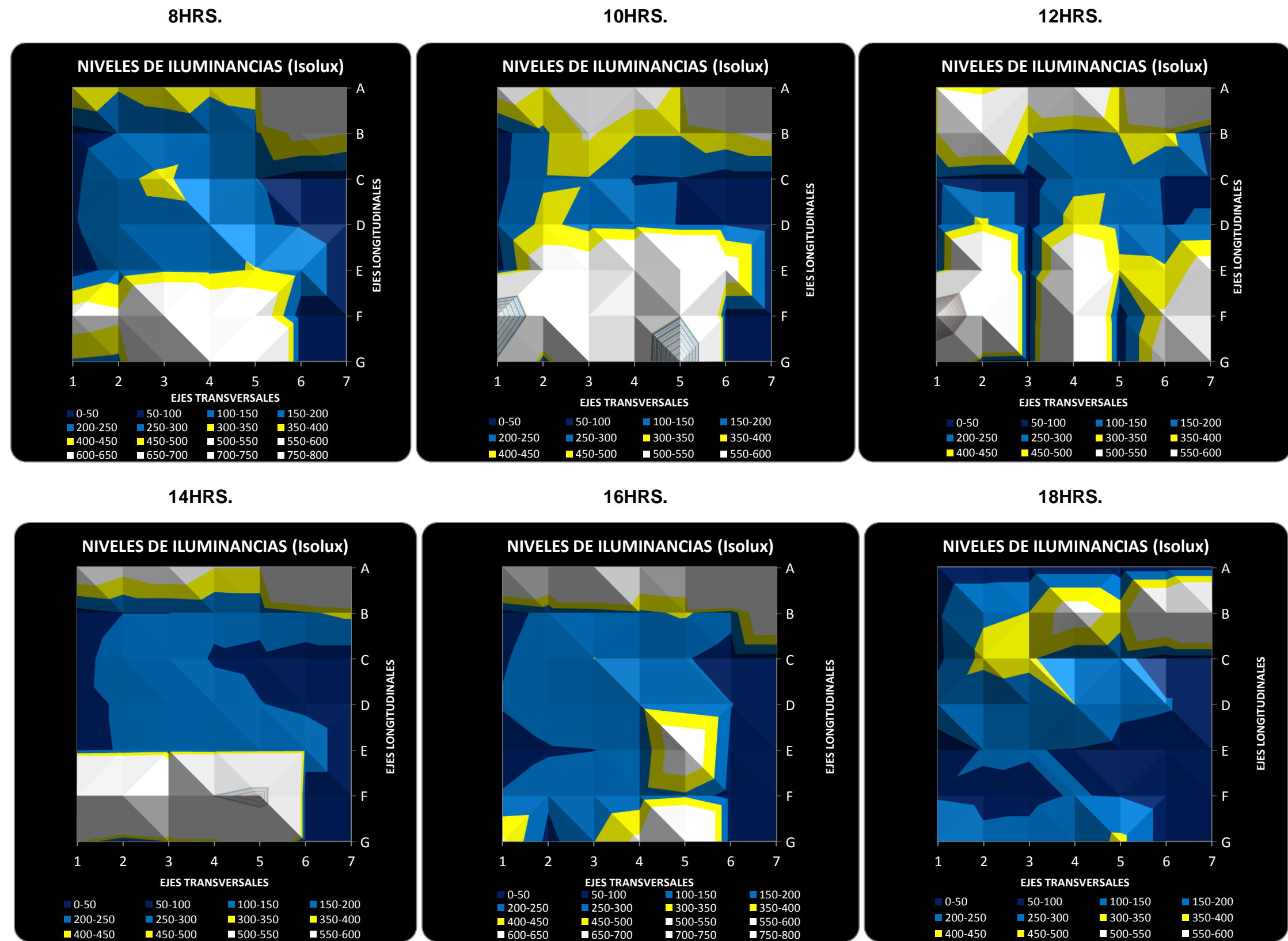


Figura 120. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCIOS.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (d) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA ANIDÓLICA TERMINADO ESPECULAR. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	3 de abril 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 sept-21 marzo
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	12:20
HORA DE TÉRMINO:	14:47
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	12,900
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	11,100
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	12,000

Factor de Día(FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	4,1	2,6	3,5	2,6	2,7	13,6	16,6
	B	0,1	0,9	1,1	1,6	2,1	4,9	4,2
	C	0,5	-	-	2,1	2,8	0,9	0,9
	D	0,7	1,8	-	1,9	2,0	0,9	0,7
	E	0,0	1,5	-	2,2	2,1	2,6	1,9
	F	4,6	4,0	-	8,2	-	5,8	5,5
	G	2,0	1,7	-	9,8	-	14,0	13,1
10:00 h	A	5,2	3,9	4,7	5,4	3,7	11,0	14,4
	B	0,2	2,1	4,4	2,6	2,6	3,8	4,9
	C	0,3	-	-	2,3	2,4	0,7	0,8
	D	0,8	2,8	-	1,9	1,7	0,7	0,7
	E	0,0	5,8	-	5,7	8,9	15,7	5,8
	F	31,9	13,1	-	10,7	-	11,3	19,8
	G	18,9	0,5	-	11,9	-	12,3	33,6
12:00 h	A	3,9	3,3	4,9	7,2	3,2	10,4	13,0
	B	0,1	4,0	8,1	2,5	2,0	2,5	3,2
	C	0,5	-	-	2,0	2,1	0,7	0,7
	D	0,6	2,8	-	3,2	1,9	0,8	0,9
	E	0,7	11,5	-	8,2	2,8	2,8	5,6
	F	40,3	17,3	-	12,0	-	3,7	5,5
	G	12,3	0,4	-	12,9	-	4,9	11,9

Factor de Día(FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	6,2	4,9	5,9	4,1	4,1	13,0	15,5
	B	0,2	0,8	0,8	1,1	1,2	2,3	2,9
	C	0,5	-	-	1,3	1,4	0,7	0,6
	D	0,5	0,9	-	1,3	1,3	0,8	0,6
	E	0,5	0,9	-	1,4	1,2	1,4	1,6
	F	1,8	1,7	-	1,4	-	1,8	2,9
	G	3,7	0,2	-	2,1	-	2,5	10,2
16:00 h	A	10,7	8,1	13,1	6,6	6,6	25,5	27,8
	B	0,2	1,3	1,5	2,2	2,7	1,5	8,1
	C	0,7	-	-	1,6	2,5	1,0	0,9
	D	0,9	1,2	-	1,4	2,0	1,4	0,8
	E	0,1	0,8	-	0,8	1,0	6,8	0,4
	F	0,8	1,0	-	1,0	-	1,3	1,8
	G	3,7	0,2	-	2,1	-	3,9	10,2
18:00 h	A	26,2	25,4	25,4	14,0	17,3	30,2	36,2
	B	0,6	2,2	2,5	5,5	3,4	8,9	12,3
	C	0,5	-	-	2,9	2,7	1,2	1,2
	D	1,7	1,1	-	1,9	2,5	1,1	0,9
	E	0,1	0,9	-	0,9	0,8	0,4	0,2
	F	0,7	0,6	-	0,6	-	0,7	0,7
	G	1,2	0,8	-	0,8	-	1,1	2,5

Tabla 55. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

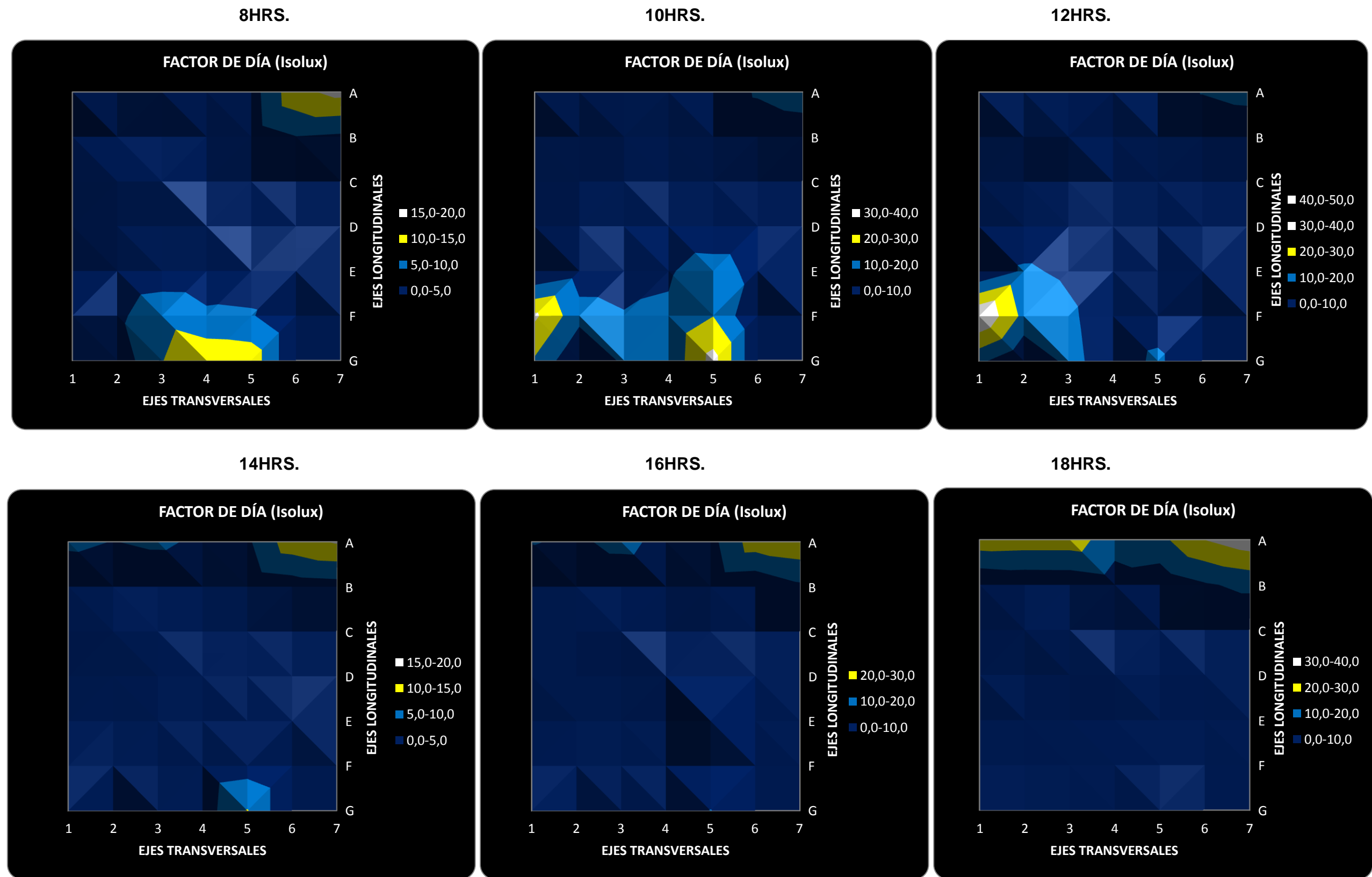


Figura 121. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.



La fecha de simulación fue el 21 de septiembre- 21 de marzo implementando la estrategia anidólica con terminado especular. Se tomaron registro a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs. 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 12000 lux (Tablas 54 y 55).

Durante las 8hrs, 10hrs y 12hrs se observa un comportamiento similar al registrado en el monitoreo (a) modelo experimental sin estrategias: altos niveles de iluminancia en los ejes G y F por estar próximos a la ventana orientada este. Aunque existe un aumento en los niveles de iluminación en los ejes centrales, sólo pocos puntos llegan a niveles de confort visual: a las 8hrs hay 6 puntos en rango de confort comparados con los 7 del monitoreo (a); a las 10hrs hay también 6 puntos en rango de confort comparados con los 6 del monitoreo (a); a las 12hrs hay 11 puntos en rango de confort comparados con los 7 del monitoreo (a). Los niveles en los ejes A y B cercanos la ventana orientada oeste son similares a los registrados en el monitoreo base (Figura 120).

Durante la tarde no se encontraron cambios significativos.

En conclusión, el sistema anidólico terminado especular presenta mejoras comparado con la condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado en equinoccios.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (d) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA ANIDÓLICA TERMINADO ESPECULAR. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	4 de abril 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de diciembre
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	9:40
HORA DE TÉRMINO:	11:50
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	11,900
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	13,400
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	12,650

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	197	191	302	174	180	139	157
	B	12	122	226	220	232	302	348
	C	64	-	-	244	238	58	52
	D	64	261	-	232	232	52	52
	E	5	592	-	783	829	1137	864
	F	916	1061	-	1601	-	1711	1566
	G	1218	6705	-	1682	-	1711	13804
10:00 h	A	551	418	742	696	394	133	133
	B	23	255	650	418	383	365	423
	C	46	-	-	580	435	116	87
	D	203	348	-	406	464	110	81
	E	6	313	-	516	586	1288	1984
	F	1786	795	-	1607	-	2668	3422
	G	1125	1102	-	1160	-	1485	3492
12:00 h	A	522	412	545	406	516	133	128
	B	23	116	174	220	232	238	267
	C	29	-	-	325	348	122	104
	D	104	290	-	354	435	116	116
	E	6	371	-	1276	818	2535	2076
	F	795	731	-	1067	-	2604	3161
	G	1044	1334	-	1160	-	1044	2030

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	563	510	679	447	452	139	128
	B	35	64	93	122	174	215	244
	C	29	-	-	116	157	87	81
	D	23	116	-	99	139	110	104
	E	7	197	-	290	220	255	290
	F	290	626	-	423	-	325	592
	G	696	638	-	476	-	389	1160
16:00 h	A	464	377	690	447	447	174	186
	B	23	75	93	128	133	249	290
	C	41	-	-	174	157	99	99
	D	29	99	-	203	174	87	93
	E	9	87	-	116	151	139	157
	F	133	133	-	157	-	203	307
	G	348	17	-	220	-	226	1102
18:00 h	A	1131	934	1549	760	644	197	220
	B	35	104	110	168	151	249	273
	C	70	-	-	186	128	174	162
	D	81	116	-	174	157	128	145
	E	8	75	-	93	139	110	93
	F	145	133	-	128	-	174	139
	G	406	12	-	342	-	290	290

Tabla 56. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

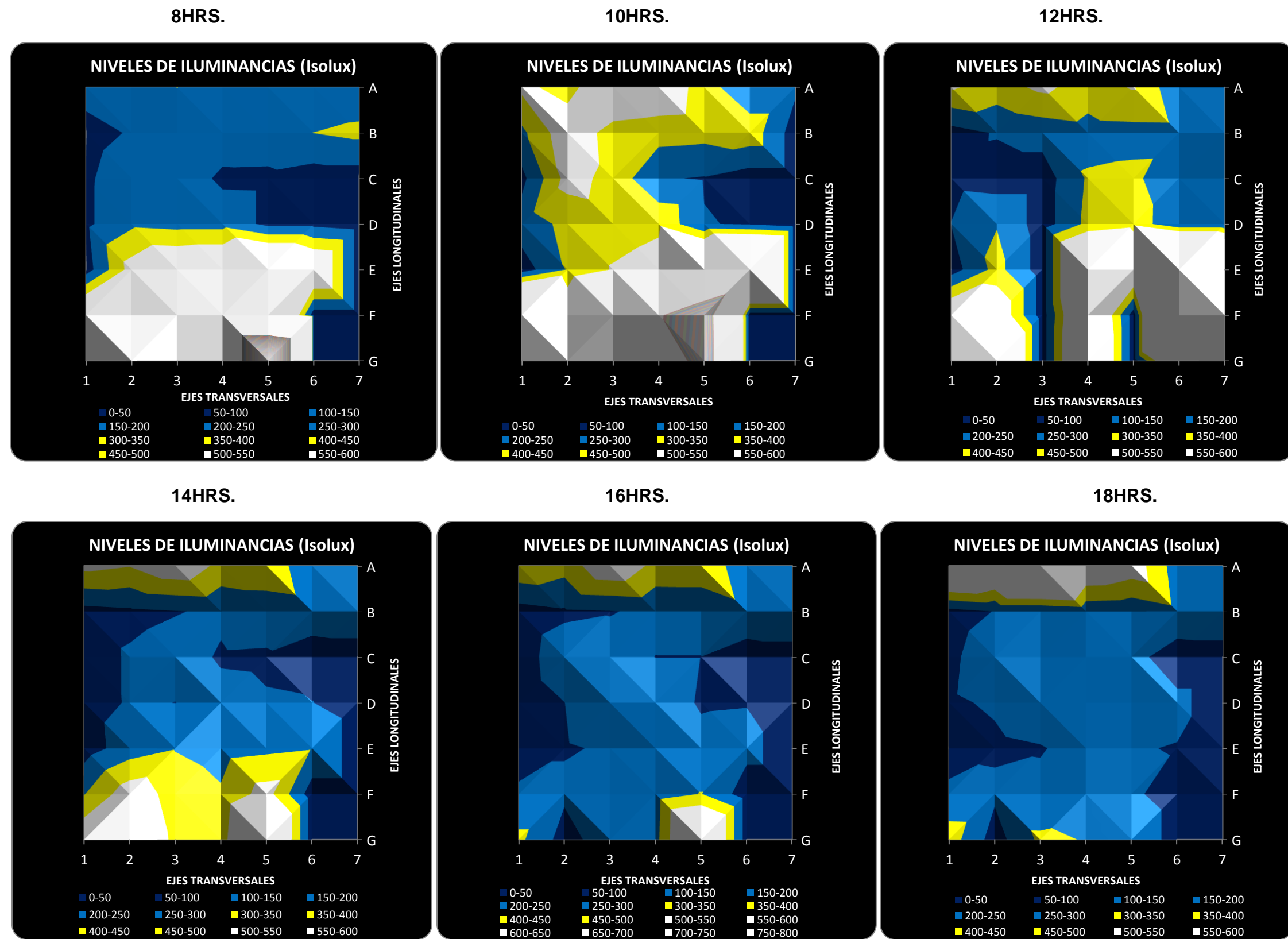


Figura 122. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especcular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (d) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA ANIDÓLICA TERMINADO ESPECULAR. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	4 de abril 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de diciembre
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	9:40
HORA DE TÉRMINO:	11:50
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	11,900
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	13,400
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	12,650

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	1,6	1,5	2,4	1,4	1,4	1,1	1,3
	B	0,1	1,0	1,9	1,8	1,9	2,5	2,9
	C	0,5	-	-	2,0	1,9	0,5	0,4
	D	0,5	2,1	-	1,9	1,9	0,4	0,4
	E	0,0	4,6	-	6,1	6,5	8,8	6,7
	F	5,8	6,7	-	10,1	-	10,8	9,9
	G	7,7	42,4	-	10,6	-	10,8	87,4
10:00 h	A	4,4	3,3	5,9	5,6	3,2	1,1	1,1
	B	0,2	2,1	5,3	3,4	3,2	3,0	3,5
	C	0,4	-	-	4,7	3,5	0,9	0,7
	D	1,7	2,8	-	3,3	3,8	0,9	0,7
	E	0,0	2,4	-	4,0	4,6	10,0	15,4
	F	11,3	5,0	-	10,2	-	16,9	21,7
	G	7,1	7,0	-	7,3	-	9,4	22,1
12:00 h	A	4,2	3,3	4,4	3,2	4,1	1,1	1,0
	B	0,2	1,0	1,4	1,8	1,9	2,0	2,2
	C	0,2	-	-	2,6	2,8	1,0	0,8
	D	0,8	2,4	-	2,9	3,5	0,9	0,9
	E	0,0	2,9	-	9,9	6,4	19,7	16,2
	F	5,0	4,6	-	6,8	-	16,5	20,0
	G	6,6	8,4	-	7,3	-	6,6	12,8

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	4,5	4,1	5,4	3,6	3,6	1,1	1,0
	B	0,3	0,5	0,8	1,0	1,4	1,8	2,0
	C	0,2	-	-	0,9	1,3	0,7	0,7
	D	0,2	0,9	-	0,8	1,1	0,9	0,8
	E	0,1	1,5	-	2,3	1,7	2,0	2,3
	F	1,8	4,0	-	2,7	-	2,1	3,7
	G	4,4	4,0	-	3,0	-	2,5	7,3
16:00 h	A	3,7	3,0	5,5	3,6	3,6	1,4	1,5
	B	0,2	0,6	0,8	1,1	1,1	2,1	2,4
	C	0,3	-	-	1,4	1,3	0,8	0,8
	D	0,2	0,8	-	1,7	1,4	0,7	0,8
	E	0,1	0,7	-	0,9	1,2	1,1	1,2
	F	0,8	0,8	-	1,0	-	1,3	1,9
	G	2,2	0,1	-	1,4	-	1,4	7,0
18:00 h	A	9,0	7,5	12,4	6,1	5,2	1,6	1,8
	B	0,3	0,9	0,9	1,4	1,2	2,1	2,2
	C	0,6	-	-	1,5	1,0	1,4	1,3
	D	0,7	0,9	-	1,4	1,3	1,0	1,2
	E	0,1	0,6	-	0,7	1,1	0,9	0,7
	F	0,9	0,8	-	0,8	-	1,1	0,9
	G	2,6	0,1	-	2,2	-	1,8	1,8

Tabla 57. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

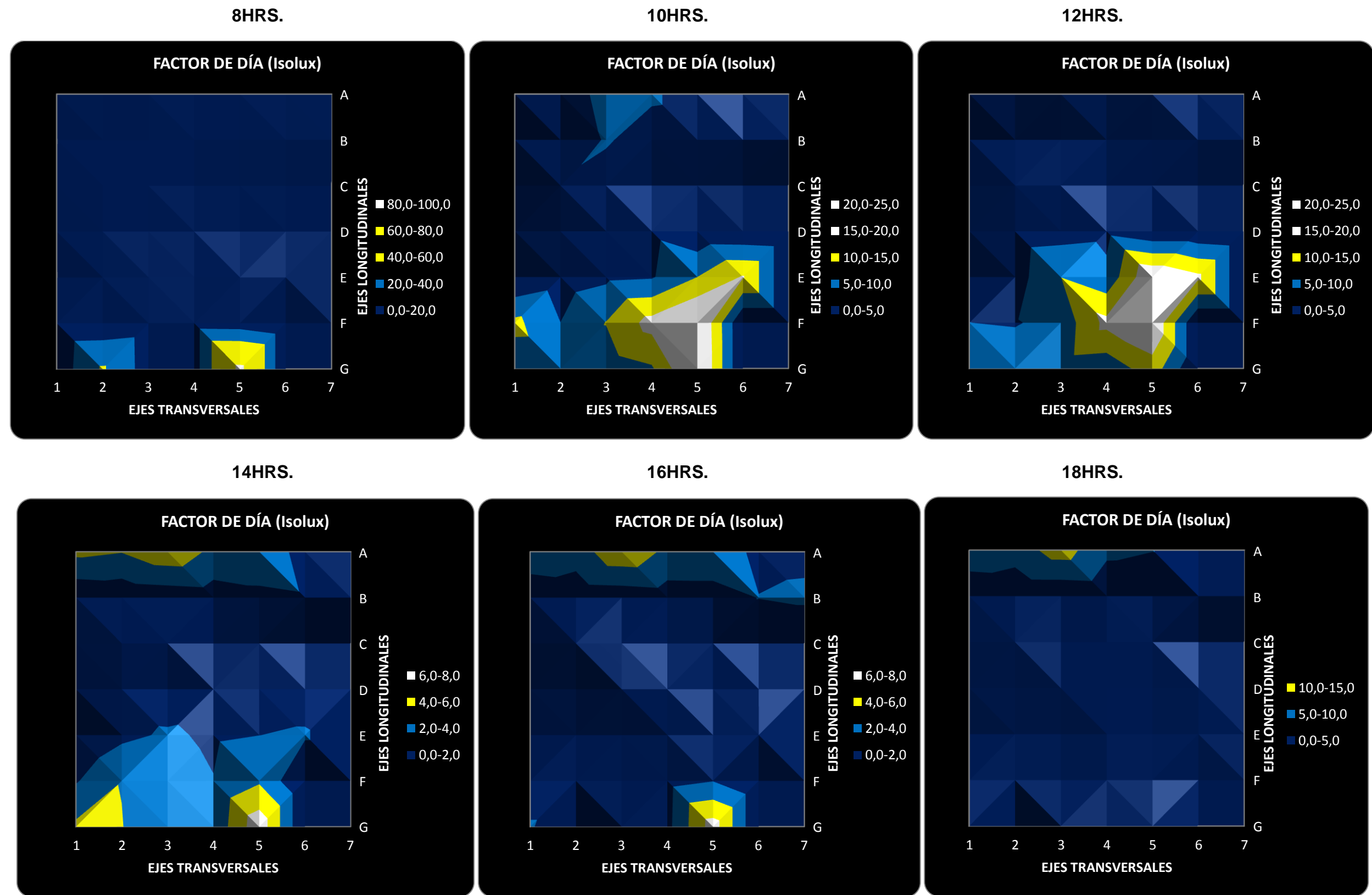


Figura 123. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica terminado especular. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.



La fecha de simulación fue el 21 de diciembre implementando la estrategia anidólica con terminado especular. Se tomaron registro a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs. 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 12650 lux (Tablas 56 y 57).

Durante las 8hrs, 10hrs y 12hrs se observa un comportamiento similar al registrado en el monitoreo (a) modelo experimental sin estrategias: altos niveles de iluminancia en los ejes G y F por estar próximos a la ventana orientada este. Aunque existe un aumento en los niveles de iluminación en los ejes centrales, sólo pocos puntos llegan a niveles de confort visual: a las 8hrs hay 3 puntos en rango de confort comparados con 0 del monitoreo (a); a las 10hrs hay también 11 puntos en rango de confort comparados con los 5 del monitoreo (a); a las 12hrs hay 7 puntos en rango de confort comparados con los 5 del monitoreo (a). Los niveles en los ejes A y B cercanos la ventana orientada oeste son similares a los registrados en el monitoreo base (Figura 122).

Durante la tarde no se encontraron cambios significativos.

En conclusión, el sistema anidólico terminado especular presenta mejoras comparado con la condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado en equinoccios.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (e) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA ANIDÓLICA LENTE FRESNEL. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	10 de abril 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de junio
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	12:36
HORA DE TÉRMINO:	14:25
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	19,300
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	22,600
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	20,950

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	835	394	319	452	1056	1398	1346
	B	35	110	145	325	325	2558	3236
	C	23	-	-	191	302	128	58
	D	23	122	-	151	220	133	64
	E	17	116	-	122	174	186	174
	F	429	215	-	365	-	348	313
	G	139	70	-	534	-	557	766
10:00 h	A	969	476	464	592	928	1073	1119
	B	35	122	162	255	284	3219	2987
	C	23	-	-	191	244	93	41
	D	23	157	-	197	180	122	58
	E	12	168	-	157	162	145	110
	F	1102	911	-	406	-	290	371
	G	1427	70	-	452	-	348	713
12:00 h	A	847	522	626	603	858	1096	922
	B	12	99	157	191	284	3289	2024
	C	23	-	-	145	180	81	41
	D	17	116	-	133	157	122	52
	E	12	116	-	110	133	116	139
	F	702	261	-	348	-	273	365
	G	893	412	-	458	-	638	1299

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	696	464	319	383	829	1346	1009
	B	29	209	284	394	597	4217	2732
	C	41	-	-	180	232	110	58
	D	52	133	-	133	191	116	52
	E	23	128	-	116	110	70	87
	F	180	162	-	122	-	168	232
	G	348	760	-	360	-	313	824
16:00 h	A	864	603	354	435	1241	2442	1717
	B	174	638	684	911	1531	2877	893
	C	133	-	-	777	922	360	128
	D	104	365	-	336	429	203	128
	E	93	244	-	220	261	104	93
	F	180	197	-	174	-	157	168
	G	493	539	-	331	-	296	644
18:00 h	A	4913	3608	1827	5910	1694	3213	4037
	B	151	835	5945	1897	2494	4153	4141
	C	139	-	-	4443	986	435	226
	D	157	777	-	742	661	412	267
	E	174	162	-	360	296	174	122
	F	128	180	-	168	-	122	534
	G	441	354	-	365	-	249	215

Tabla 58. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

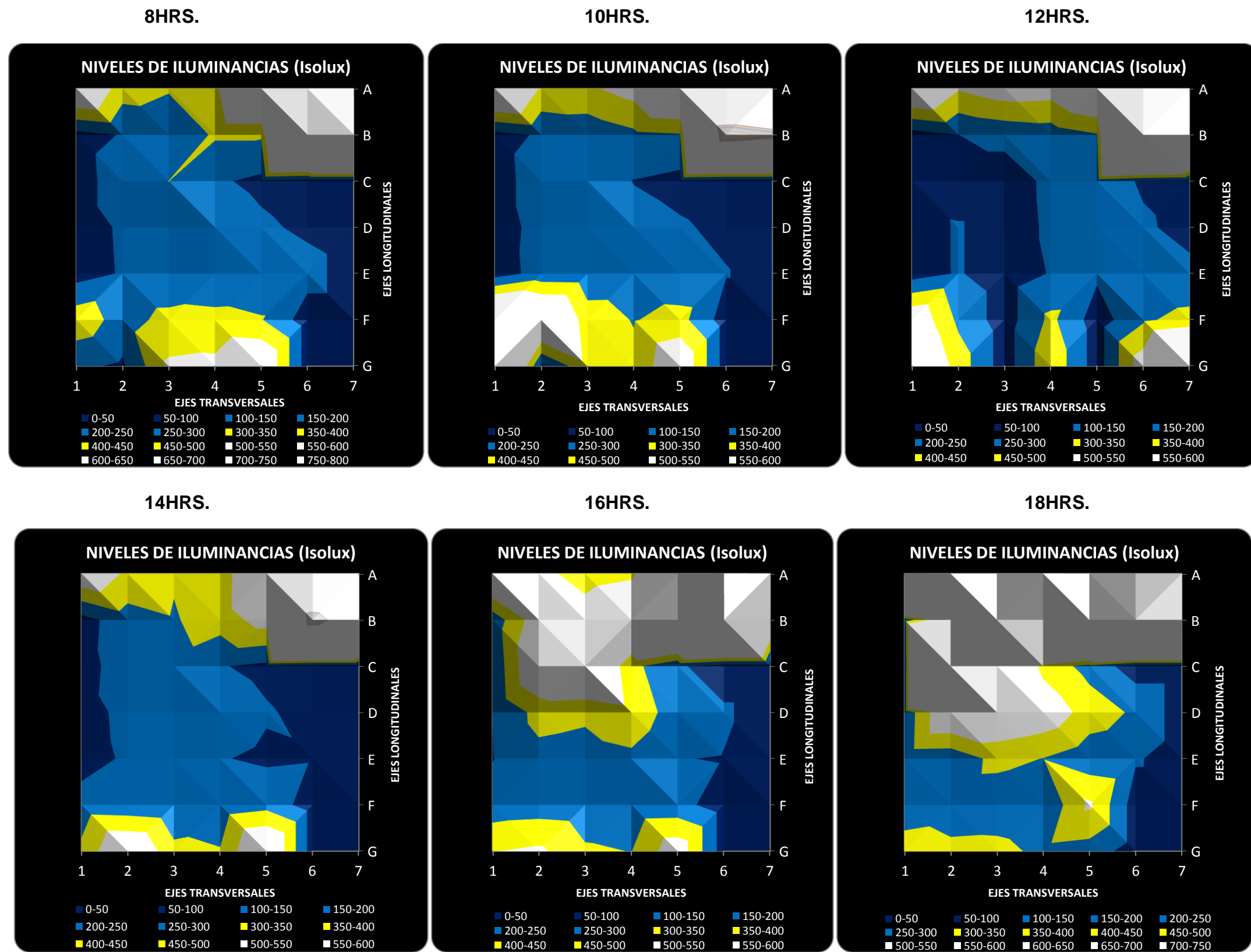


Figura 124. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (e) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA ANIDÓLICA LENTE FRESNEL. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	10 de abril 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de junio
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	12:36
HORA DE TÉRMINO:	14:25
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	19,300
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	22,600
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	20,950

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	4,0	1,9	1,5	2,2	5,0	6,7	6,4
	B	0,1	0,4	0,5	1,2	1,2	9,5	12,1
	C	0,1	-	-	1,1	1,7	0,7	0,3
	D	0,1	0,8	-	1,0	1,4	0,9	0,4
	E	0,1	0,4	-	0,5	0,6	0,7	0,6
	F	2,4	1,2	-	2,1	-	2,0	1,8
	G	0,9	0,4	-	3,4	-	3,6	4,9
10:00 h	A	4,6	2,3	2,2	2,8	4,4	5,1	5,3
	B	0,1	0,5	0,6	1,0	1,1	12,0	11,1
	C	0,1	-	-	1,1	1,4	0,5	0,2
	D	0,1	1,0	-	1,3	1,2	0,8	0,4
	E	0,0	0,6	-	0,6	0,6	0,5	0,4
	F	6,2	5,1	-	2,3	-	1,6	2,1
	G	9,2	0,4	-	2,9	-	2,2	4,6
12:00 h	A	4,0	2,5	3,0	2,9	4,1	5,2	4,4
	B	0,0	0,4	0,6	0,7	1,1	12,2	7,5
	C	0,1	-	-	0,8	1,0	0,5	0,2
	D	0,1	0,7	-	0,9	1,0	0,8	0,3
	E	0,0	0,4	-	0,4	0,5	0,4	0,5
	F	4,0	1,5	-	2,0	-	1,5	2,1
	G	5,8	2,7	-	3,0	-	4,1	8,4

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	3,3	2,2	1,5	1,8	4,0	6,4	4,8
	B	0,1	0,8	1,1	1,5	2,2	15,7	10,2
	C	0,2	-	-	1,0	1,3	0,6	0,3
	D	0,3	0,9	-	0,9	1,2	0,7	0,3
	E	0,1	0,5	-	0,4	0,4	0,3	0,3
	F	1,0	0,9	-	0,7	-	0,9	1,3
	G	2,2	4,9	-	2,3	-	2,0	5,3
16:00 h	A	4,1	2,9	1,7	2,1	5,9	11,7	8,2
	B	0,6	2,4	2,5	3,4	5,7	10,7	3,3
	C	0,8	-	-	4,4	5,2	2,0	0,7
	D	0,7	2,4	-	2,2	2,8	1,3	0,8
	E	0,3	0,9	-	0,8	1,0	0,4	0,3
	F	1,0	1,1	-	1,0	-	0,9	0,9
	G	3,2	3,5	-	2,1	-	1,9	4,2
18:00 h	A	23,4	17,2	8,7	28,2	8,1	15,3	19,3
	B	0,6	3,1	22,1	7,1	9,3	15,5	15,4
	C	0,8	-	-	25,0	5,6	2,5	1,3
	D	1,0	5,0	-	4,8	4,3	2,7	1,7
	E	0,6	0,6	-	1,3	1,1	0,6	0,5
	F	0,7	1,0	-	0,9	-	0,7	3,0
	G	2,8	2,3	-	2,4	-	1,6	1,4

Tabla 59. Porcentaje de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO.

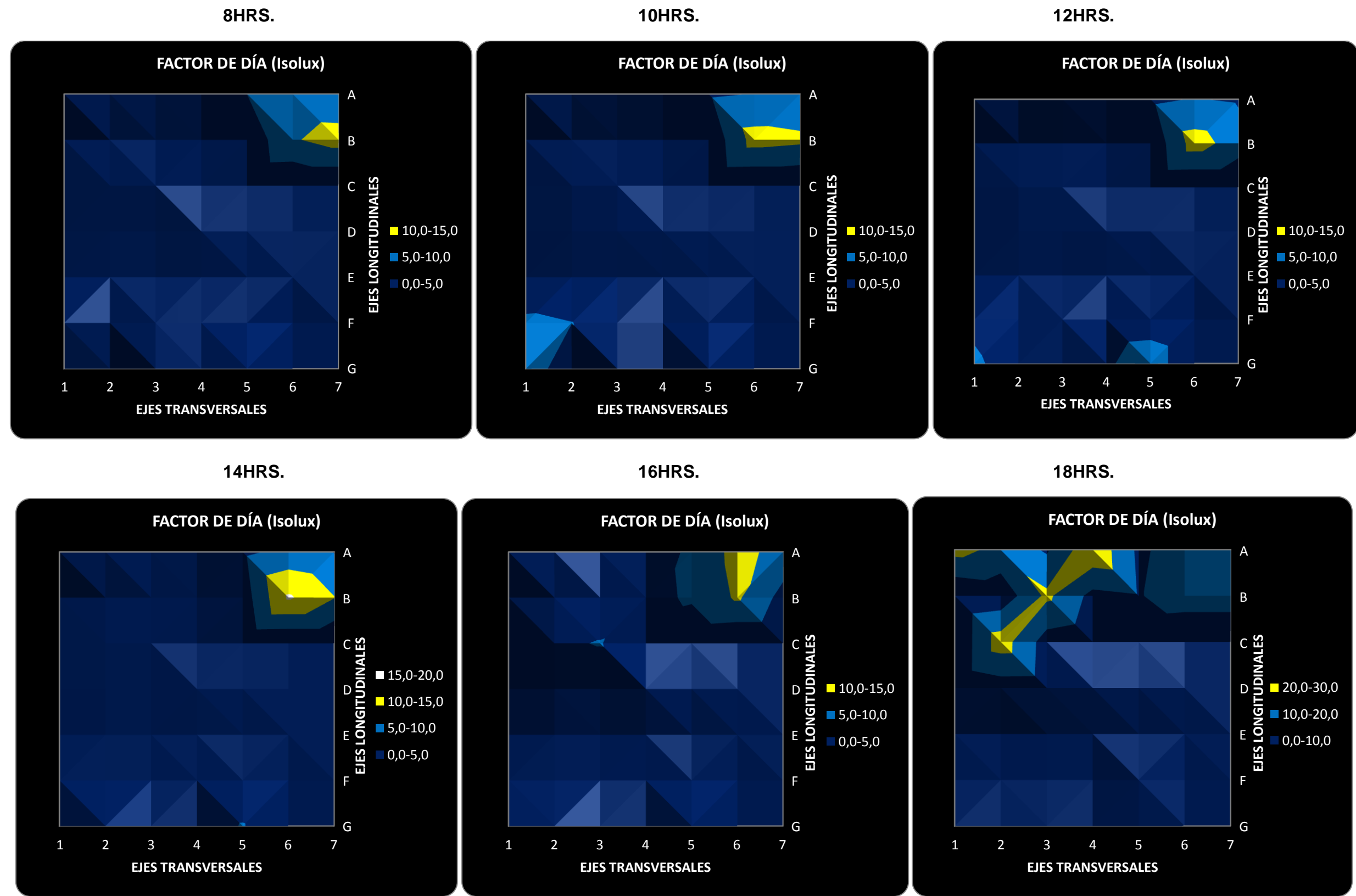


Figura 125. Porcentaje de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. VERANO

El dispositivo anidólico lente Fresnel fue colocado en la fachada este por tener mejor desempeño con luz solar difusa que es la característica principal de esta fachada. Para sintetizar los resultados sólo se describirán los datos más relevantes en este apartado, enfocándonos más en los ejes cercanos a la fachada donde se instaló el dispositivo.

La fecha de simulación fue el 21 de junio implementando la estrategia anidólico lente Fresnel. Se tomaron registro a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs. 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 20950 lux (Tabla 58 y 59).

Durante las 8hrs, 10hrs y 12hrs se observa un comportamiento similar al registrado en el monitoreo (a) modelo experimental sin estrategias: altos niveles de iluminancia en los ejes G y F por estar próximos a la ventana orientada este. Aunque existe un aumento en los niveles de iluminación en los ejes centrales, sólo pocos puntos llegan a niveles de confort visual: a las 8hrs hay 10 puntos en rango de confort comparados con los 6 del monitoreo (a); a las 10 hrs hay 6 puntos en rango de confort comparados con los 5 del monitoreo (a); a las 12 hrs hay 4 puntos en rango de confort comparados con los 8 del monitoreo (a) Los niveles en los ejes A y B cercanos la ventana orientada oeste son similares a los registrados en el monitoreo base (Figura 124).

Durante la tarde no se encontraron cambios significativos.

En conclusión, el sistema anidólico lente Fresnel presenta mejoras comparado con la condición 1 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado en verano.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (e) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA ANIDÓLICA LENTE FRESNEL. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	11 de abril 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 sept-21marzo
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	9:50
HORA DE TÉRMINO:	12:03
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	20,100
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	21,300
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	20,700

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	615	325	302	377	812	1073	1119
	B	12	122	162	244	296	1862	2117
	C	29	-	-	226	313	151	70
	D	17	145	-	168	238	162	70
	E	23	168	-	197	284	122	157
	F	493	464	-	911	-	592	638
	G	389	290	-	1102	-	1235	1212
10:00 h	A	748	458	528	458	870	1288	1456
	B	23	255	365	226	232	1247	1682
	C	46	-	-	255	313	139	58
	D	35	249	-	215	209	197	70
	E	29	354	-	313	458	557	476
	F	713	1595	-	1096	-	1044	911
	G	1862	528	-	1224	-	1409	3080
12:00 h	A	934	644	493	447	986	2401	1653
	B	6	99	122	197	203	1920	1792
	C	58	-	-	302	226	104	41
	D	64	290	-	290	174	139	58
	E	35	539	-	702	244	197	539
	F	1218	1125	-	783	-	360	644
	G	1409	180	-	1241	-	574	1235

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	1288	887	452	499	1276	2894	1862
	B	23	93	104	151	215	2419	1206
	C	52	-	-	145	186	87	46
	D	17	116	-	116	128	104	41
	E	29	93	-	133	116	122	151
	F	209	232	-	180	-	226	296
	G	429	58	-	238	-	331	1096
16:00 h	A	5168	3062	1015	1148	4408	45472	20010
	B	29	180	203	336	464	11583	6740
	C	70	-	-	232	336	133	52
	D	46	174	-	168	180	93	52
	E	58	110	-	122	157	539	64
	F	180	157	-	168	-	157	157
	G	638	70	-	365	-	702	1166
18:00 h	A	3045	3608	1676	1711	3074	3480	4814
	B	87	313	331	621	696	3758	3932
	C	75	-	-	331	365	151	81
	D	70	244	-	203	203	110	70
	E	70	122	-	116	145	58	29
	F	122	104	-	116	-	99	70
	G	180	162	-	174	-	197	464

Tabla 60. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

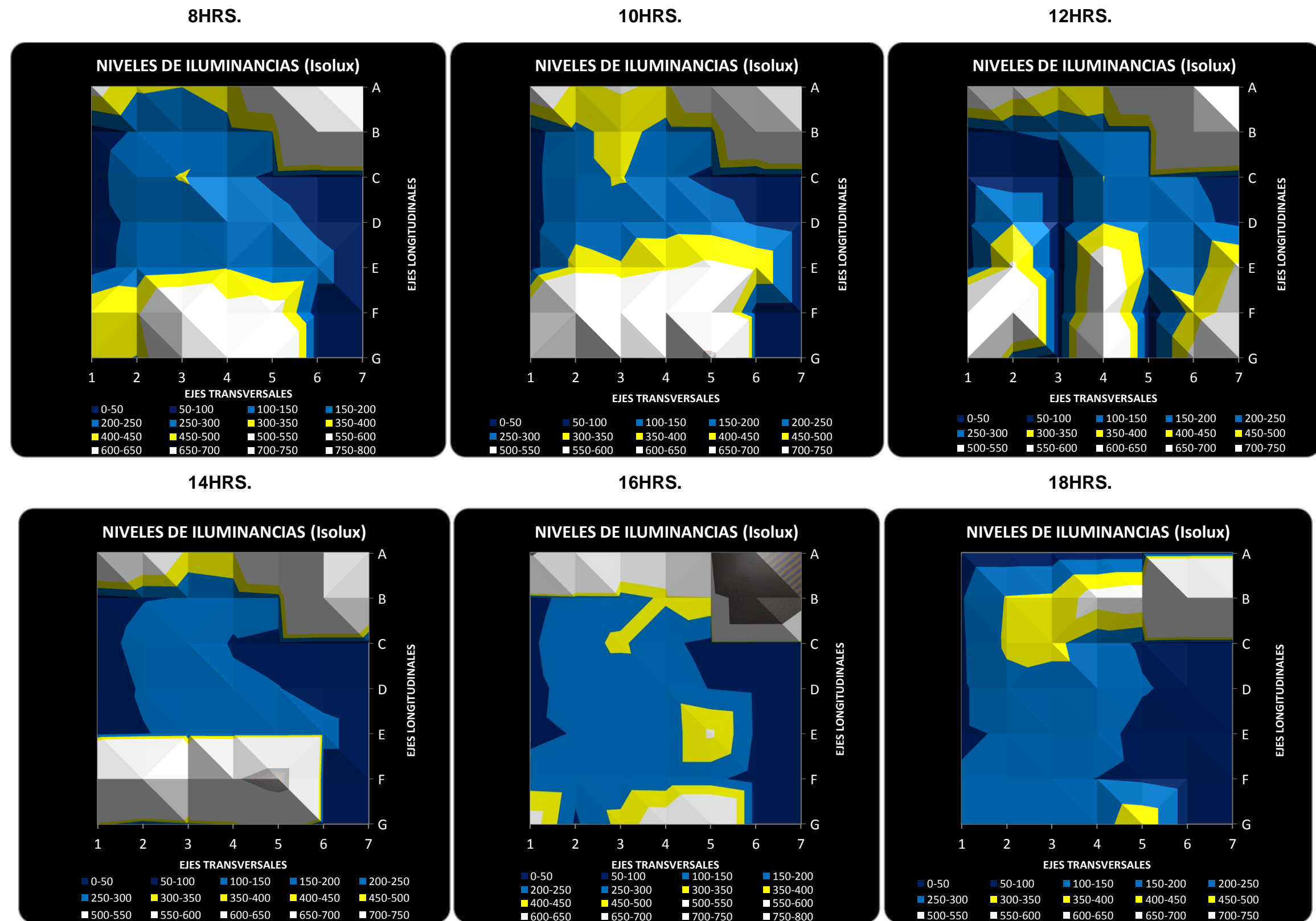


Figura 126. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (e) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA ANIDÓLICA LENTE FRESNEL. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	11 de abril 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 sept-21marzo
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	9:50
HORA DE TÉRMINO:	12:03
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	20,100
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	21,300
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	21,100

Factor de Día(FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	2,9	1,6	1,4	1,8	3,9	5,1	5,3
	B	0,1	0,5	0,7	1,1	1,3	8,0	9,1
	C	0,2	-	-	1,4	1,9	0,9	0,4
	D	0,1	0,9	-	1,1	1,5	1,1	0,5
	E	0,1	0,7	-	0,9	1,2	0,5	0,7
	F	3,0	2,8	-	5,6	-	3,6	3,9
	G	2,5	1,9	-	7,2	-	8,0	7,9
10:00 h	A	3,6	2,2	2,5	2,2	4,2	6,1	6,9
	B	0,1	1,1	1,6	1,0	1,0	5,4	7,3
	C	0,3	-	-	1,6	1,9	0,9	0,4
	D	0,2	1,6	-	1,4	1,4	1,3	0,5
	E	0,1	1,5	-	1,4	2,0	2,4	2,1
	F	4,4	9,8	-	6,7	-	6,4	5,6
	G	12,1	3,4	-	8,0	-	9,2	20,1
12:00 h	A	4,5	3,1	2,4	2,1	4,7	11,5	7,9
	B	0,0	0,4	0,5	0,9	0,9	8,3	7,7
	C	0,4	-	-	1,9	1,4	0,6	0,2
	D	0,4	1,9	-	1,9	1,1	0,9	0,4
	E	0,2	2,3	-	3,0	1,1	0,9	2,3
	F	7,5	6,9	-	4,8	-	2,2	3,9
	G	9,2	1,2	-	8,1	-	3,7	8,0

Factor de Día (FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	6,1	4,2	2,2	2,4	6,1	13,8	8,9
	B	0,1	0,4	0,5	0,7	0,9	10,4	5,2
	C	0,3	-	-	0,9	1,1	0,5	0,3
	D	0,1	0,8	-	0,8	0,8	0,7	0,3
	E	0,1	0,4	-	0,6	0,5	0,5	0,7
	F	1,3	1,4	-	1,1	-	1,4	1,8
	G	2,8	0,4	-	1,5	-	2,2	7,1
16:00 h	A	24,7	14,6	4,8	5,5	21,0	217,1	95,5
	B	0,1	0,8	0,9	1,5	2,0	50,0	29,1
	C	0,4	-	-	1,4	2,1	0,8	0,3
	D	0,3	1,1	-	1,1	1,2	0,6	0,3
	E	0,3	0,5	-	0,5	0,7	2,3	0,3
	F	1,1	1,0	-	1,0	-	1,0	1,0
	G	4,2	0,5	-	2,4	-	4,6	7,6
18:00 h	A	14,5	17,2	8,0	8,2	14,7	16,6	23,0
	B	0,4	1,4	1,4	2,7	3,0	16,2	17,0
	C	0,5	-	-	2,0	2,2	0,9	0,5
	D	0,5	1,6	-	1,3	1,3	0,7	0,5
	E	0,3	0,5	-	0,5	0,6	0,3	0,1
	F	0,7	0,6	-	0,7	-	0,6	0,4
	G	1,2	1,1	-	1,1	-	1,3	3,0

Tabla 61. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.

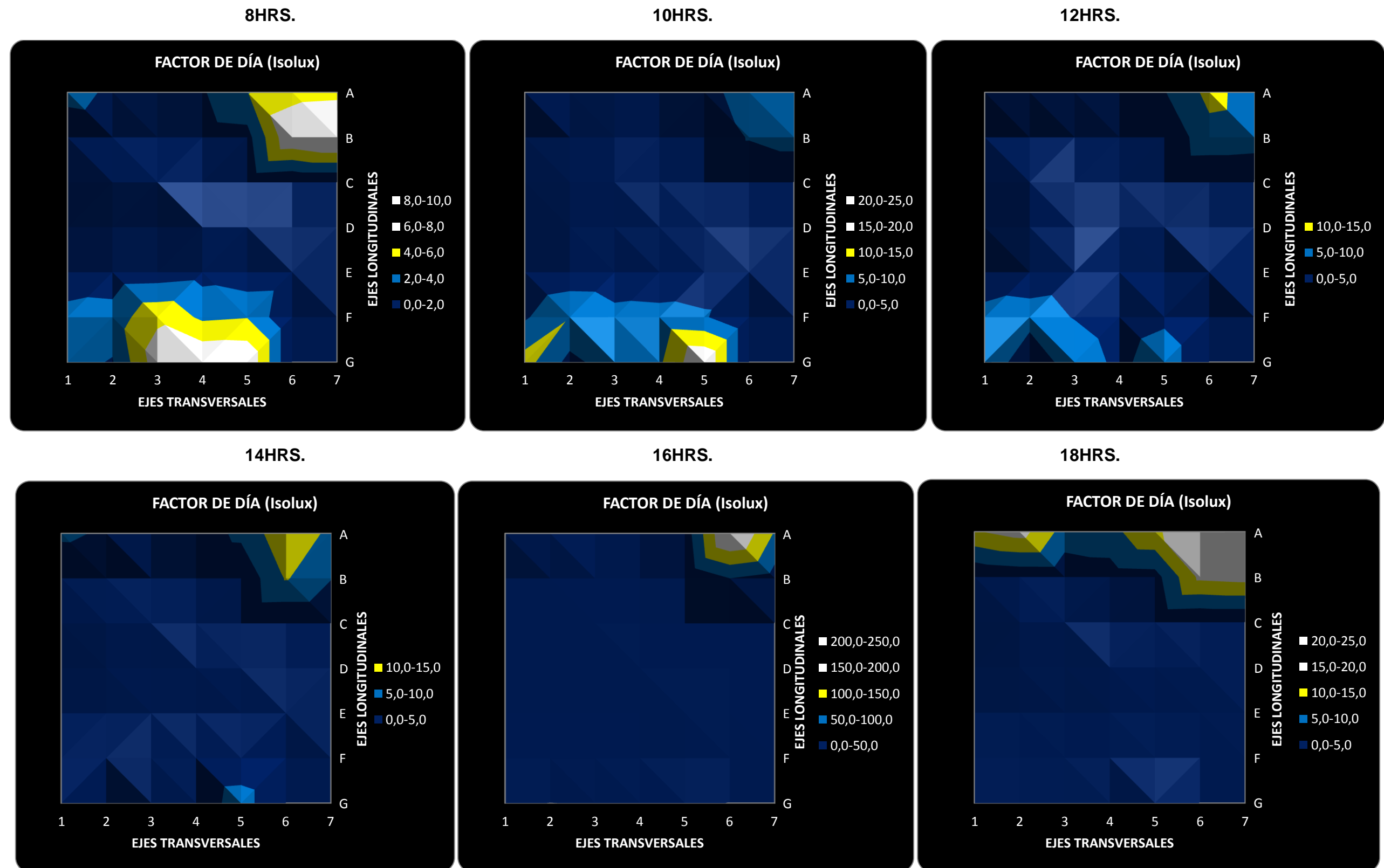


Figura 127. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidónica lente Fresnel. Condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. EQUINOCCIOS.



La fecha de simulación fue el 21 septiembre- 21 marzo implementando la estrategia anidólico lente Fresnel. Se tomaron registro a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs. 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 21100 lux (Tablas 60 y 61).

Durante las 8hrs, 10hrs y 12hrs se observa un comportamiento similar al registrado en el monitoreo (a) modelo experimental sin estrategias: altos niveles de iluminancia en los ejes G y F por estar próximos a la ventana orientada este. Aunque existe un aumento en los niveles de iluminación en los ejes centrales, sólo pocos puntos llegan a niveles de confort visual: a las 8hrs hay 7 puntos en rango de confort comparados con los mismos 7 del monitoreo (a); a las 10hrs hay también 8 puntos en rango de confort comparados con los 6 del monitoreo (a); a las 12hrs hay 4 puntos en rango de confort comparados con los 7 del monitoreo (a). Los niveles en los ejes A y B cercanos la ventana orientada oeste son similares a los registrados en el monitoreo base (Figura 126).

Durante la tarde no se encontraron cambios significativos.

En conclusión, el sistema anidólico lente Fresnel presenta mejoras comparado con la condición 2 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado en equinoccios.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (e) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA ANIDÓLICA LENTE FRESNEL. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	12 de abril 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de diciembre
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	11:20
HORA DE TÉRMINO:	13:42
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	15,100
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	14,700
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	14,900

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	394	203	209	267	563	1102	1044
	B	6	87	122	220	238	1467	1549
	C	23	-	-	180	203	128	52
	D	12	110	-	139	215	226	70
	E	6	534	-	638	719	945	574
	F	713	661	-	1032	-	1154	893
	G	1160	1984	-	1235	-	1241	2442
10:00 h	A	771	383	354	406	626	1143	1050
	B	12	139	197	267	313	1032	1038
	C	41	-	-	267	325	197	64
	D	35	162	-	168	290	406	87
	E	23	244	-	180	418	452	702
	F	1235	638	-	829	-	1247	1195
	G	766	1218	-	1009	-	957	2065
12:00 h	A	841	487	615	539	795	1589	1154
	B	12	186	354	290	307	1183	1056
	C	70	-	-	400	290	157	70
	D	87	325	-	365	267	278	87
	E	41	354	-	702	661	1177	1021
	F	551	702	-	783	-	1804	1862
	G	887	1218	-	911	-	1340	2030

Niveles de Iluminancia Interior (luxs)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	957	638	441	505	1015	1740	1264
	B	41	87	110	168	174	1212	858
	C	70	-	-	116	168	81	41
	D	99	180	-	174	151	122	46
	E	46	215	-	238	197	215	296
	F	220	435	-	296	-	255	458
	G	655	505	-	423	-	406	957
16:00 h	A	1027	725	493	644	1032	2645	1752
	B	23	46	99	174	186	2268	1827
	C	52	-	-	116	162	70	35
	D	81	122	-	93	116	93	35
	E	35	110	-	122	151	145	174
	F	110	122	-	174	-	168	209
	G	313	52	-	226	-	238	812
18:00 h	A	1676	1247	789	853	1183	1815	1862
	B	17	151	145	249	290	2192	2442
	C	41	-	-	116	162	70	29
	D	58	104	-	93	110	58	35
	E	29	122	-	122	133	87	122
	F	122	174	-	122	-	168	122
	G	325	52	-	261	-	284	267

Tabla 62. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

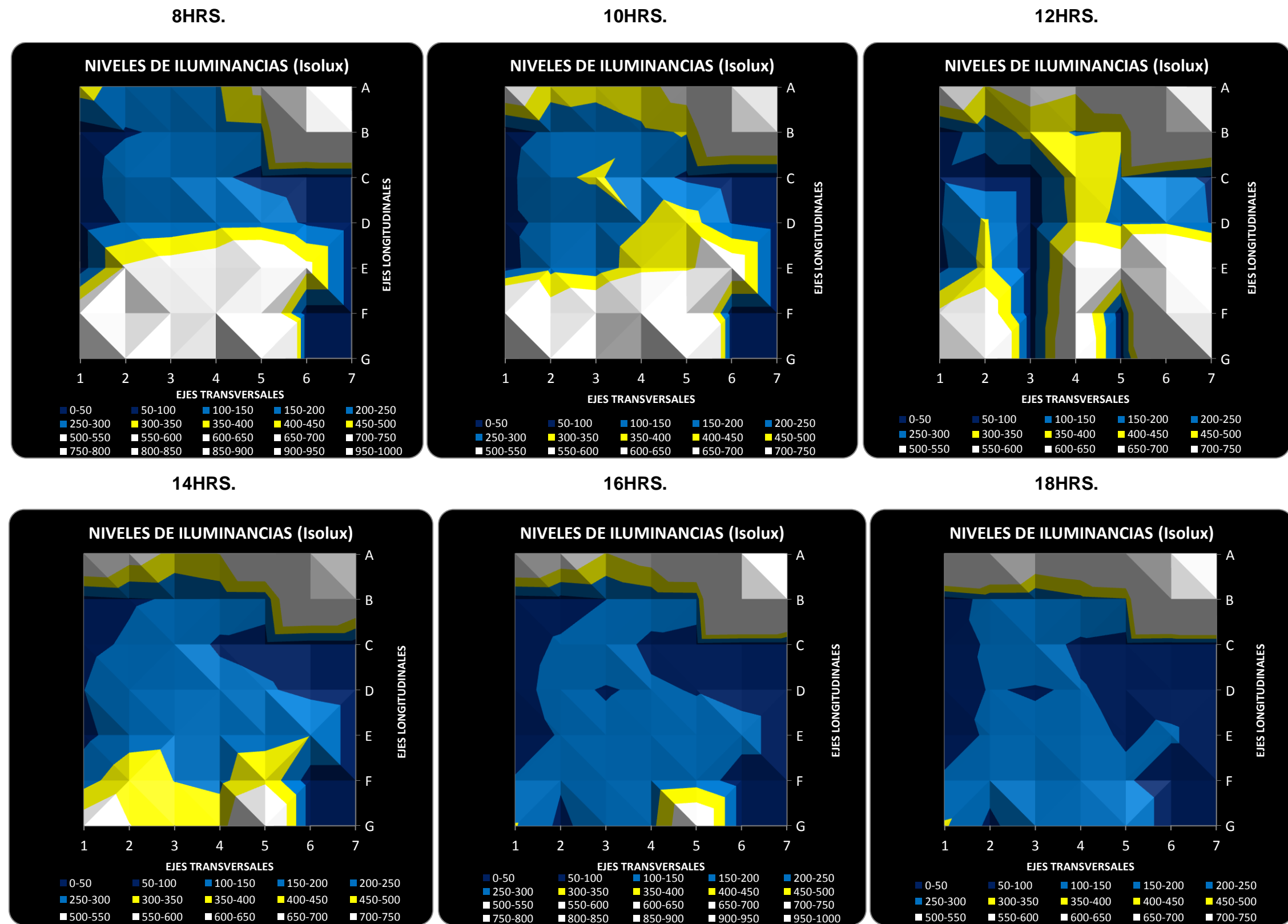


Figura 128. Niveles de iluminancia modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (e) MODELO TRIDIMENSIONAL CON ESTRATEGIA ANIDÓLICA LENTE FRESNEL. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

DATOS DE LA PRUEBA	
CONDICIÓN DE CIELO:	Despejado
FECHA DE PRUEBA:	12 de abril 2012
FECHA DE SIMULACIÓN:	21 de diciembre
HORA DE SIMULACIÓN:	8hr-18hr
TRANSMITANCIA CRISTAL:	58%

DATOS DE LA PRUEBA	
HORA DE INICIO:	11:20
HORA DE TÉRMINO:	13:42
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. INICIAL:	15,100
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. FINAL:	14,700
ILUMINANCIA HORIZONTAL EXT. PROM:	14,900

Factor de Día(FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
08:00 h	A	1,9	1,0	1,0	1,3	2,6	5,2	4,9
	B	0,0	0,4	0,5	0,9	1,0	6,2	6,5
	C	0,1	-	-	1,1	1,2	0,8	0,3
	D	0,1	0,8	-	1,0	1,5	1,6	0,5
	E	0,0	2,5	-	3,0	3,4	4,4	2,7
	F	3,0	2,8	-	4,3	-	4,8	3,7
	G	7,0	11,9	-	7,4	-	7,5	14,7
10:00 h	A	3,6	1,8	1,7	1,9	2,9	5,4	4,9
	B	0,0	0,6	0,8	1,1	1,3	4,3	4,4
	C	0,2	-	-	1,6	2,0	1,2	0,4
	D	0,2	1,2	-	1,2	2,1	2,9	0,6
	E	0,1	1,1	-	0,8	2,0	2,1	3,3
	F	5,2	2,7	-	3,5	-	5,2	5,0
	G	4,6	7,3	-	6,1	-	5,7	12,4
12:00 h	A	4,0	2,3	2,9	2,5	3,7	7,5	5,4
	B	0,0	0,8	1,5	1,2	1,3	5,0	4,4
	C	0,4	-	-	2,4	1,7	0,9	0,4
	D	0,6	2,3	-	2,6	1,9	2,0	0,6
	E	0,2	1,7	-	3,3	3,1	5,5	4,8
	F	2,3	2,9	-	3,3	-	7,6	7,8
	G	5,3	7,3	-	5,5	-	8,0	12,2

Factor de Día(FD)

Lectura	Ejes	1	2	3	4	5	6	7
14:00 h	A	4,5	3,0	2,1	2,4	4,8	8,2	6,0
	B	0,2	0,4	0,5	0,7	0,7	5,1	3,6
	C	0,4	-	-	0,7	1,0	0,5	0,2
	D	0,7	1,3	-	1,2	1,1	0,9	0,3
	E	0,2	1,0	-	1,1	0,9	1,0	1,4
	F	0,9	1,8	-	1,2	-	1,1	1,9
	G	3,9	3,0	-	2,5	-	2,4	5,7
16:00 h	A	4,8	3,4	2,3	3,0	4,9	12,4	8,2
	B	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	9,5	7,7
	C	0,3	-	-	0,7	1,0	0,4	0,2
	D	0,6	0,9	-	0,7	0,8	0,7	0,2
	E	0,2	0,5	-	0,6	0,7	0,7	0,8
	F	0,5	0,5	-	0,7	-	0,7	0,9
	G	1,9	0,3	-	1,4	-	1,4	4,9
18:00 h	A	7,9	5,9	3,7	4,0	5,6	8,5	8,8
	B	0,1	0,6	0,6	1,0	1,2	9,2	10,2
	C	0,2	-	-	0,7	1,0	0,4	0,2
	D	0,4	0,7	-	0,7	0,8	0,4	0,2
	E	0,1	0,6	-	0,6	0,6	0,4	0,6
	F	0,5	0,7	-	0,5	-	0,7	0,5
	G	2,0	0,3	-	1,6	-	1,7	1,6

Tabla 63. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.

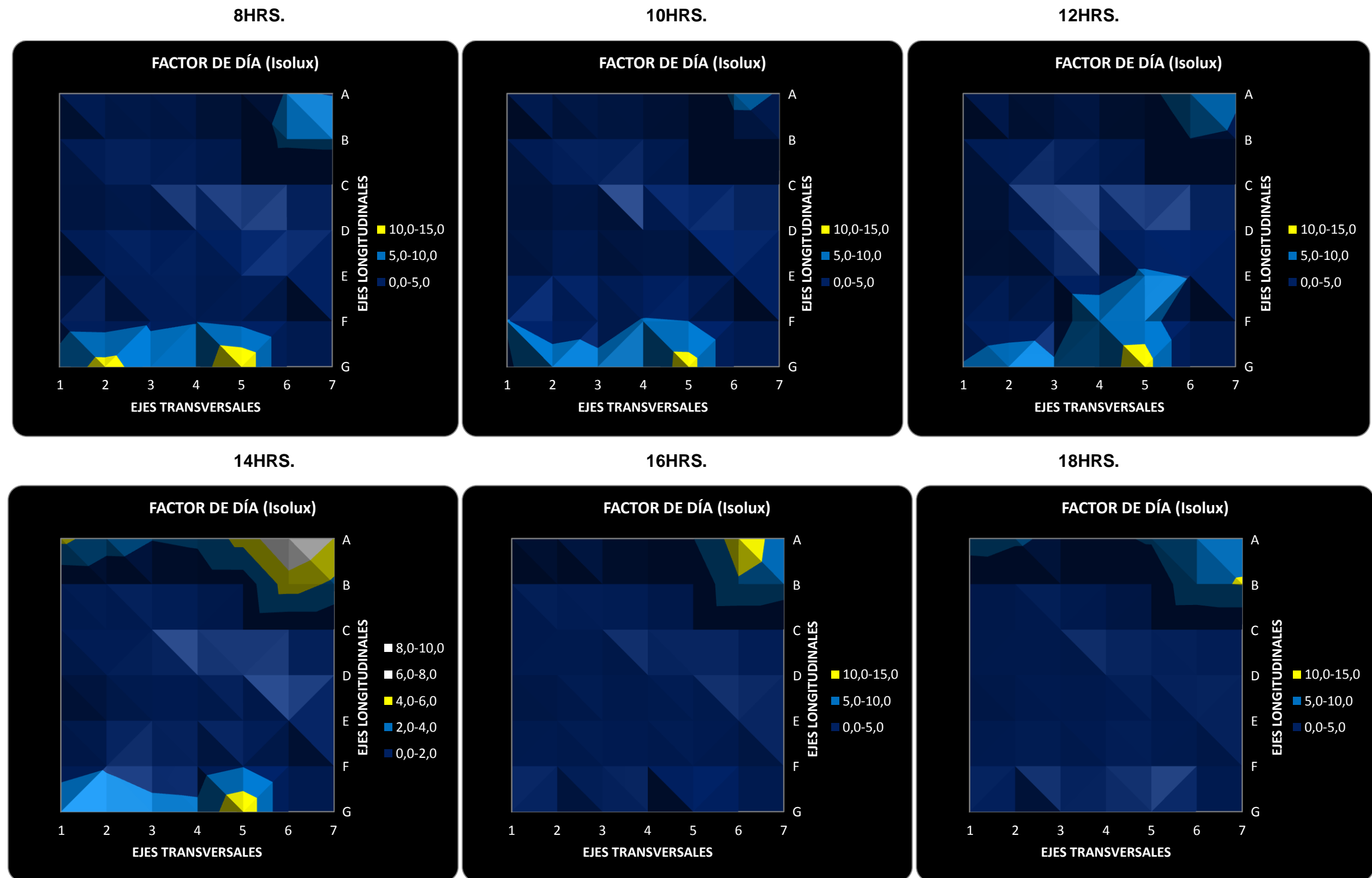


Figura 129. Porcentajes de Factor de Día modelo tridimensional con estrategia anidólica lente Fresnel. Condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado. INVIERNO.



La fecha de simulación fue el 21 de diciembre implementando la estrategia anidólico lente Fresnel. Se tomaron registro a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs. 16hrs y 18hrs. La condición de cielo en este monitoreo fue completamente despejado con iluminancia exterior horizontal promedio de 14900 lux (Tablas 62 y 63).

Durante las 8hrs, 10hrs y 12hrs se observa un comportamiento similar al registrado en el monitoreo (a) modelo experimental sin estrategias: altos niveles de iluminancia en los ejes G y F por estar próximos a la ventana orientada este. Aunque existe un aumento en los niveles de iluminación en los ejes centrales, sólo pocos puntos llegan a niveles de confort visual: a las 8hrs hay 1 punto en rango de confort comparados con 0 del monitoreo (a); a las 10hrs hay 8 puntos en rango de confort comparados con los 5 del monitoreo (a); a las 12hrs hay 7 puntos en rango de confort comparados con los 5 del monitoreo (a). Los niveles en los ejes A y B cercanos la ventana orientada oeste son similares a los registrados en el monitoreo base (Figura 128).

Durante la tarde no se encontraron cambios significativos.

En conclusión, el sistema anidólico lente Fresnel presenta mejoras comparado con la condición 3 Iluminación eléctrica apagada con condiciones de cielo despejado en invierno.

5.11 TABLAS COMPARATIVAS RESUMEN.

A continuación se presentan tablas comparativas resumen con niveles de iluminancia en planta, niveles de iluminancia 3D, gradiente de distribución lumínica y factor de día en verano, equinoccios e invierno de condiciones a, b, c, d y e. a las 8hrs, 12hrs y 18hrs en condiciones de cielo despejado y cielo artificial. Los niveles de iluminancia entre 0 y 100 lux se representan en azul oscuro, entre 101 y 299 lux el color utilizado es celeste, niveles entre 300 y 500 lux (niveles recomendados de iluminancia) están marcados en amarillo y los niveles mayores de 500 son blancos.

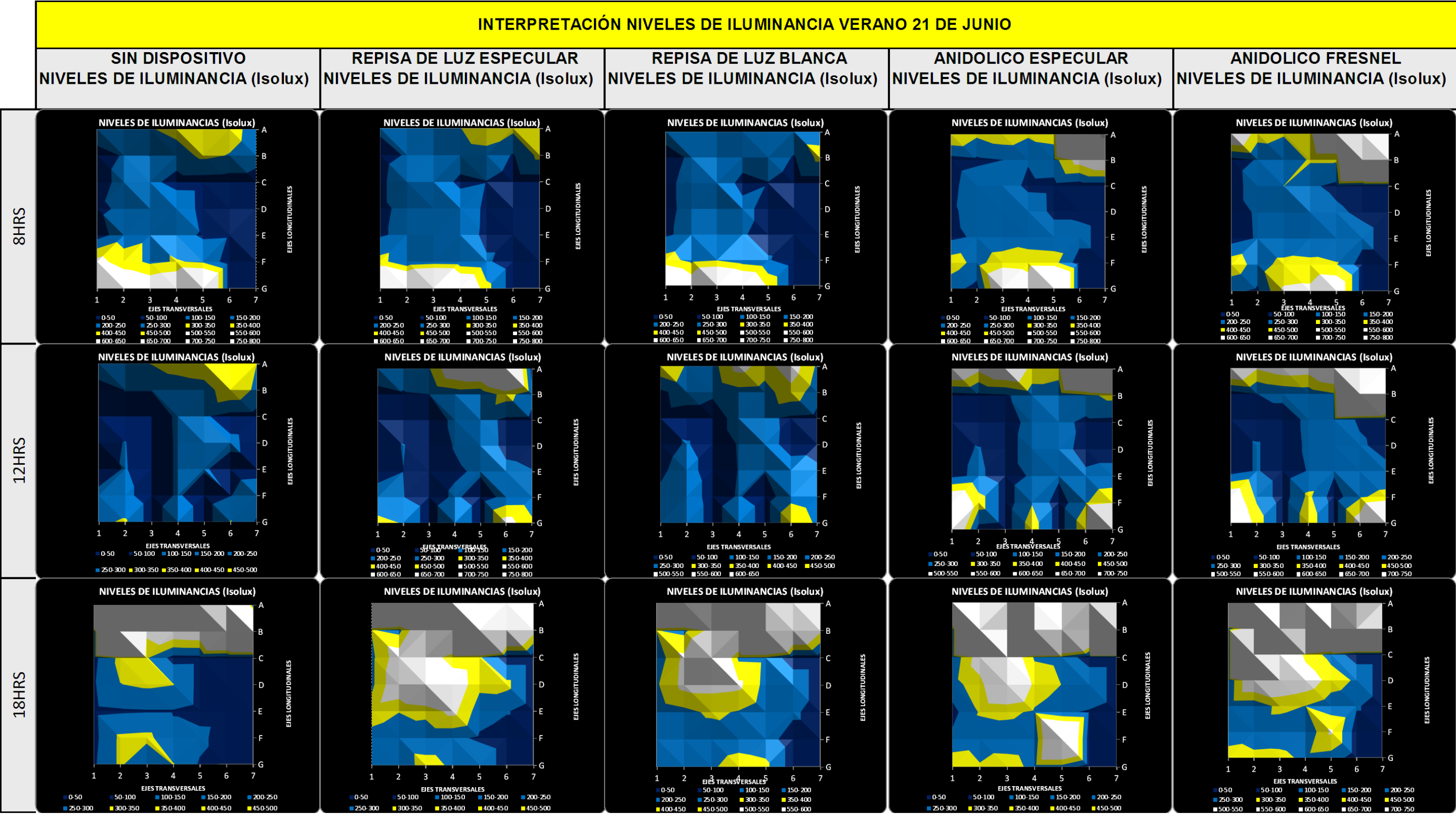


Tabla 64. Tabla comparativa de Niveles de Iluminancia entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de junio. VERANO. Cielo despejado.

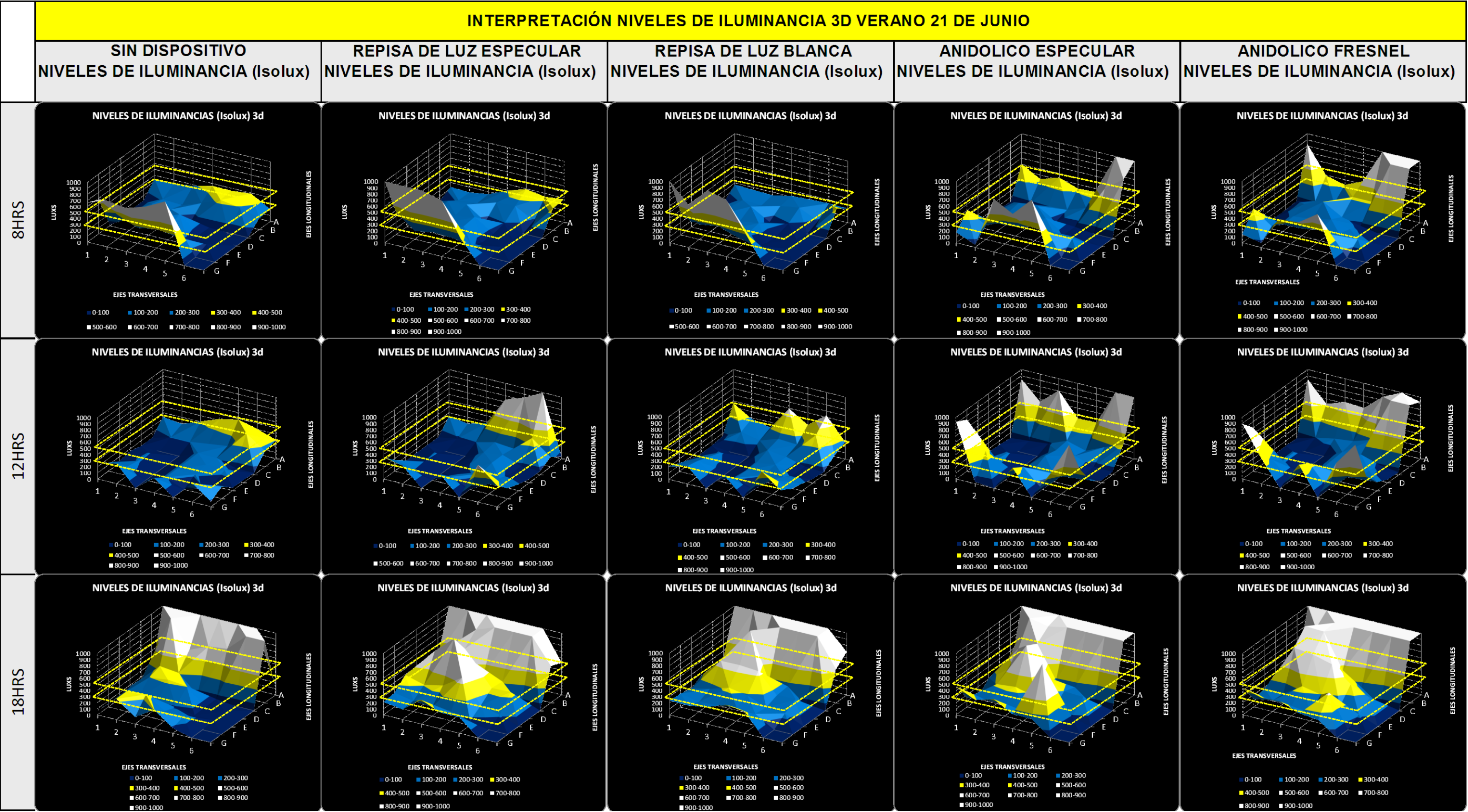


Tabla 65. Tabla comparativa de Niveles de Iluminancia 3D entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de junio. VERANO. Cielo despejado.

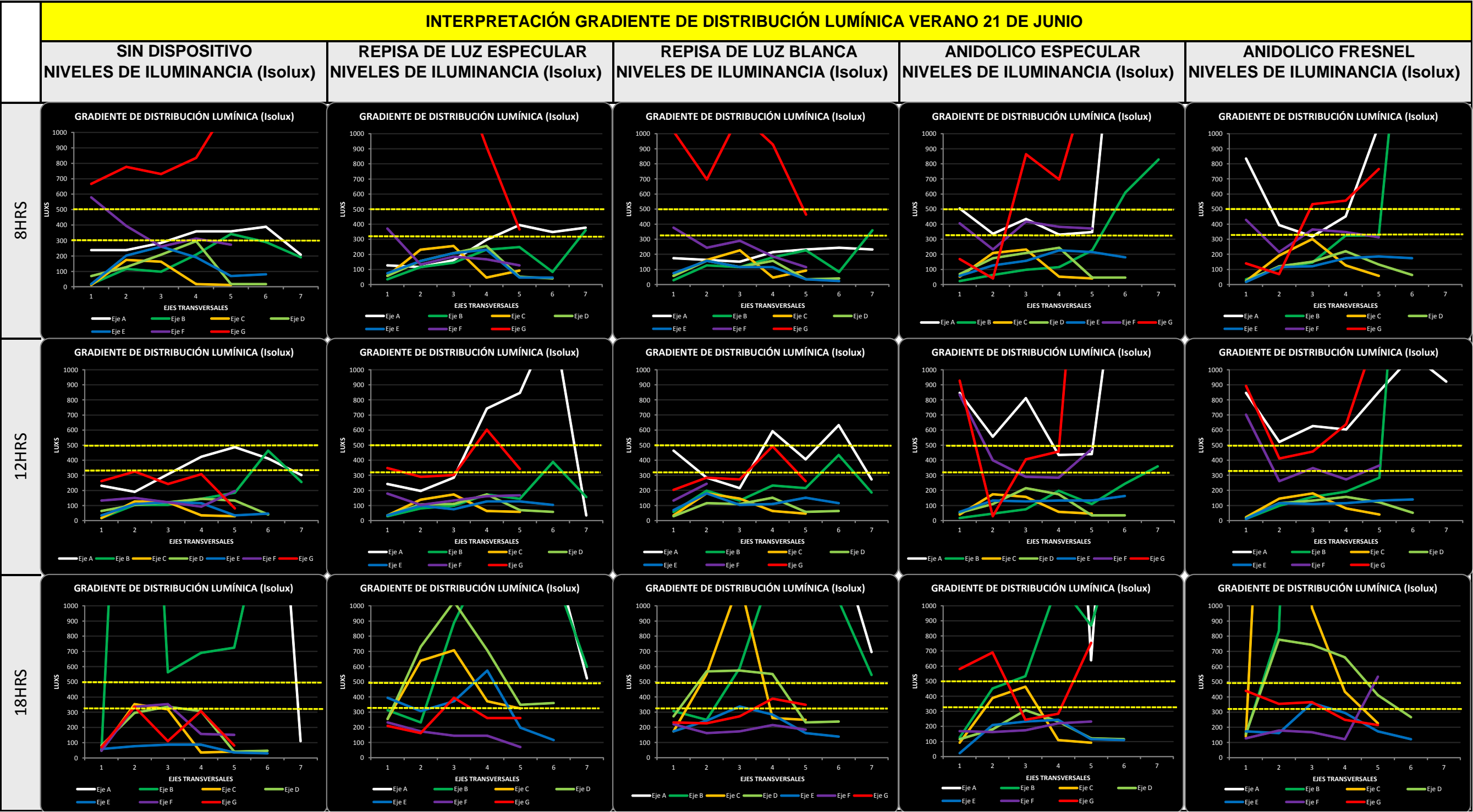


Tabla 66. Tabla comparativa de Gradiente de Distribución Lumínica entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de junio. VERANO. Cielo despejado.

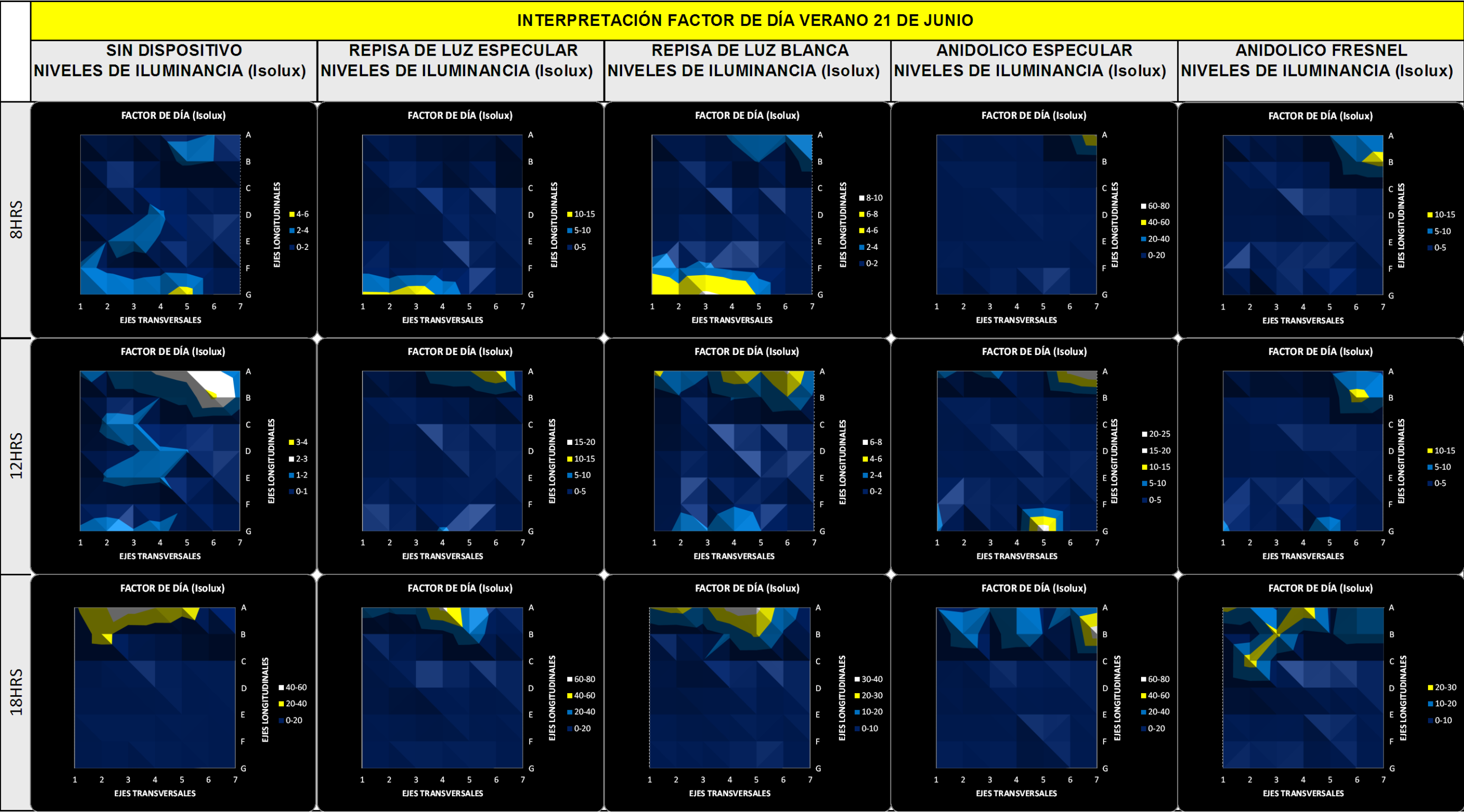


Tabla 67. Tabla comparativa de Factor de Día entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de junio. VERANO. Cielo despejado.

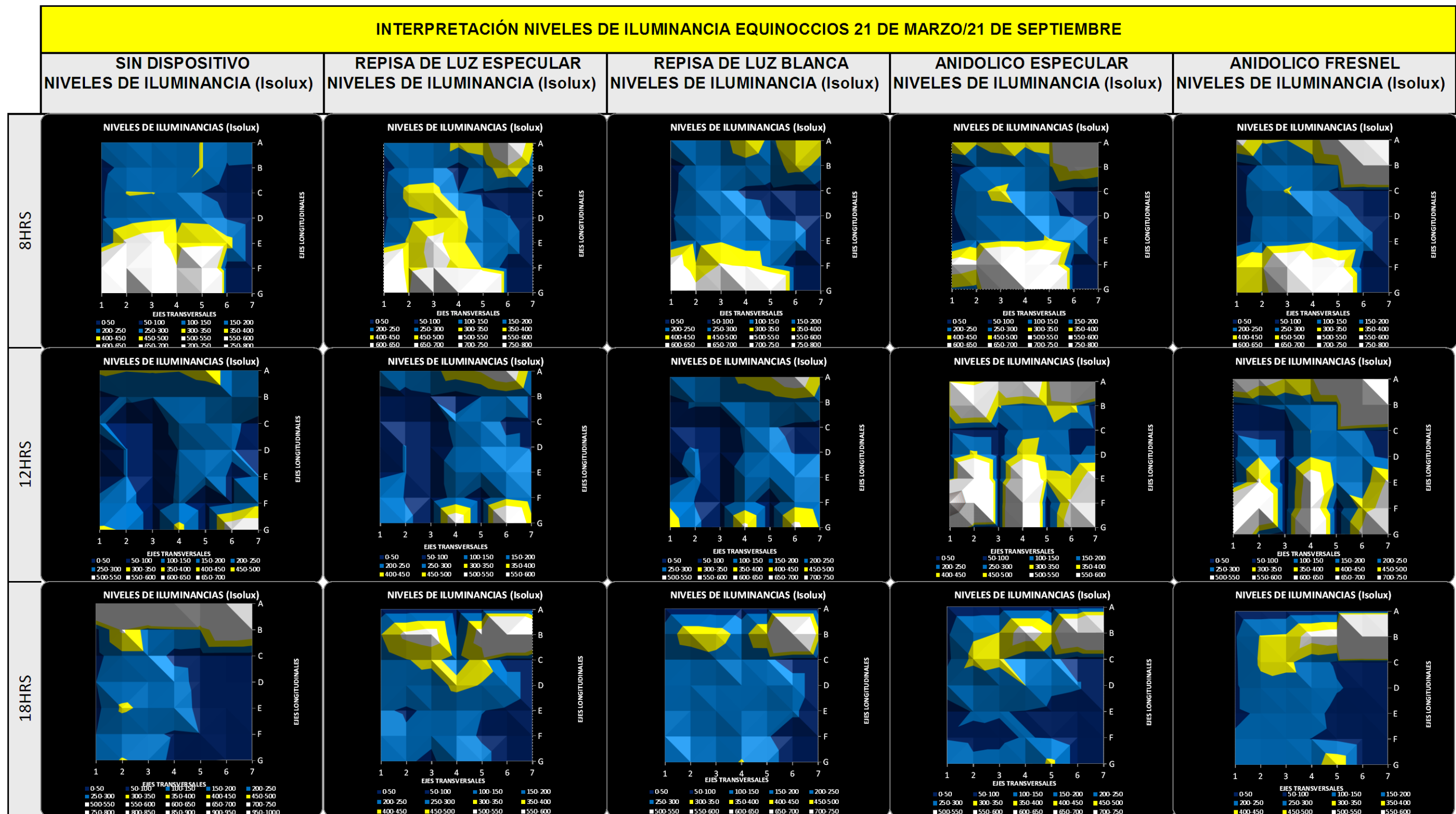


Tabla 68. Tabla comparativa de Niveles de Iluminancia entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de marzo y 21 de diciembre. EQUINOCIOS. Cielo despejado.

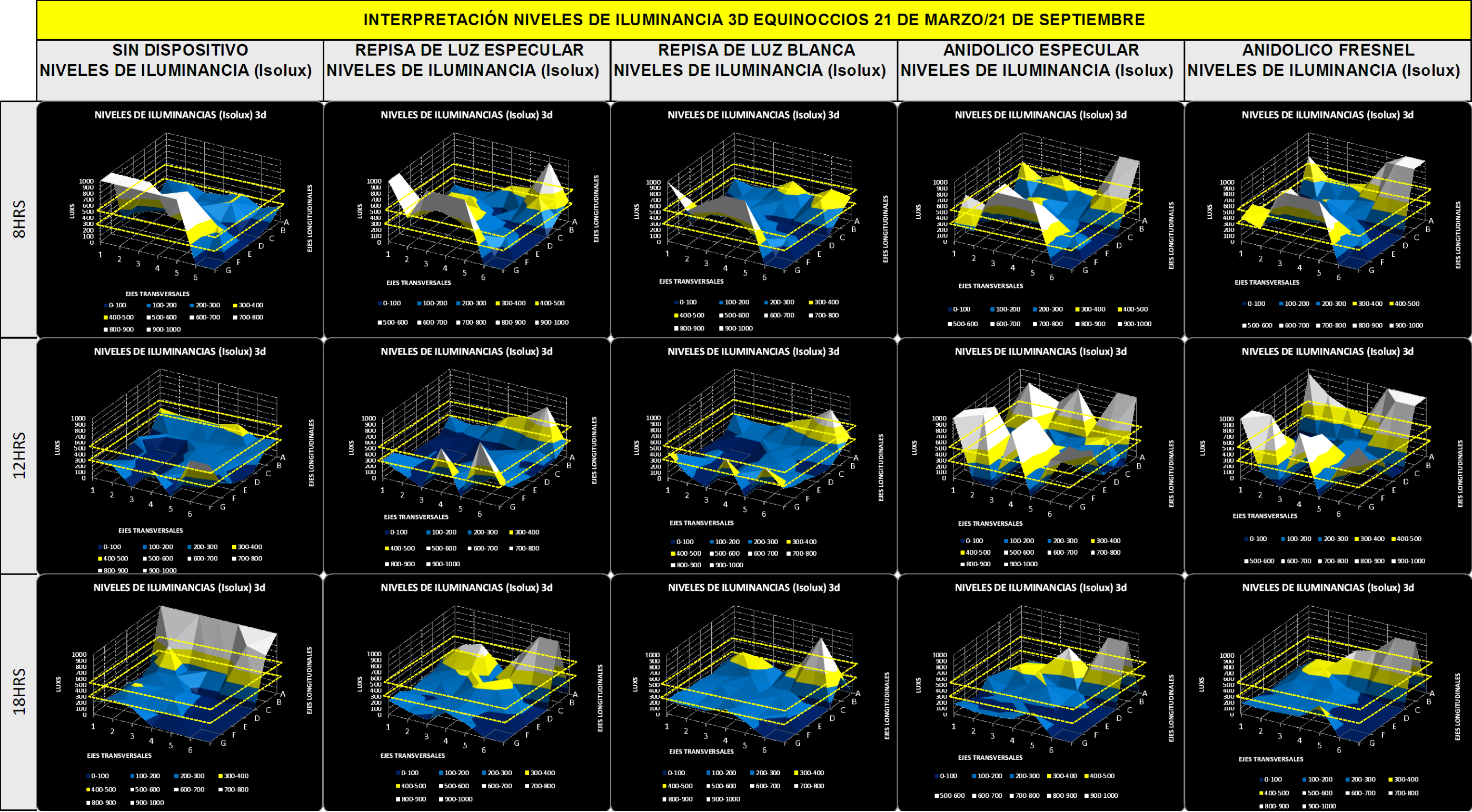


Tabla 69. Tabla comparativa de Niveles de Iluminancia 3D entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de marzo y 21 de diciembre. EQUINOCCIOS. Cielo despejado.

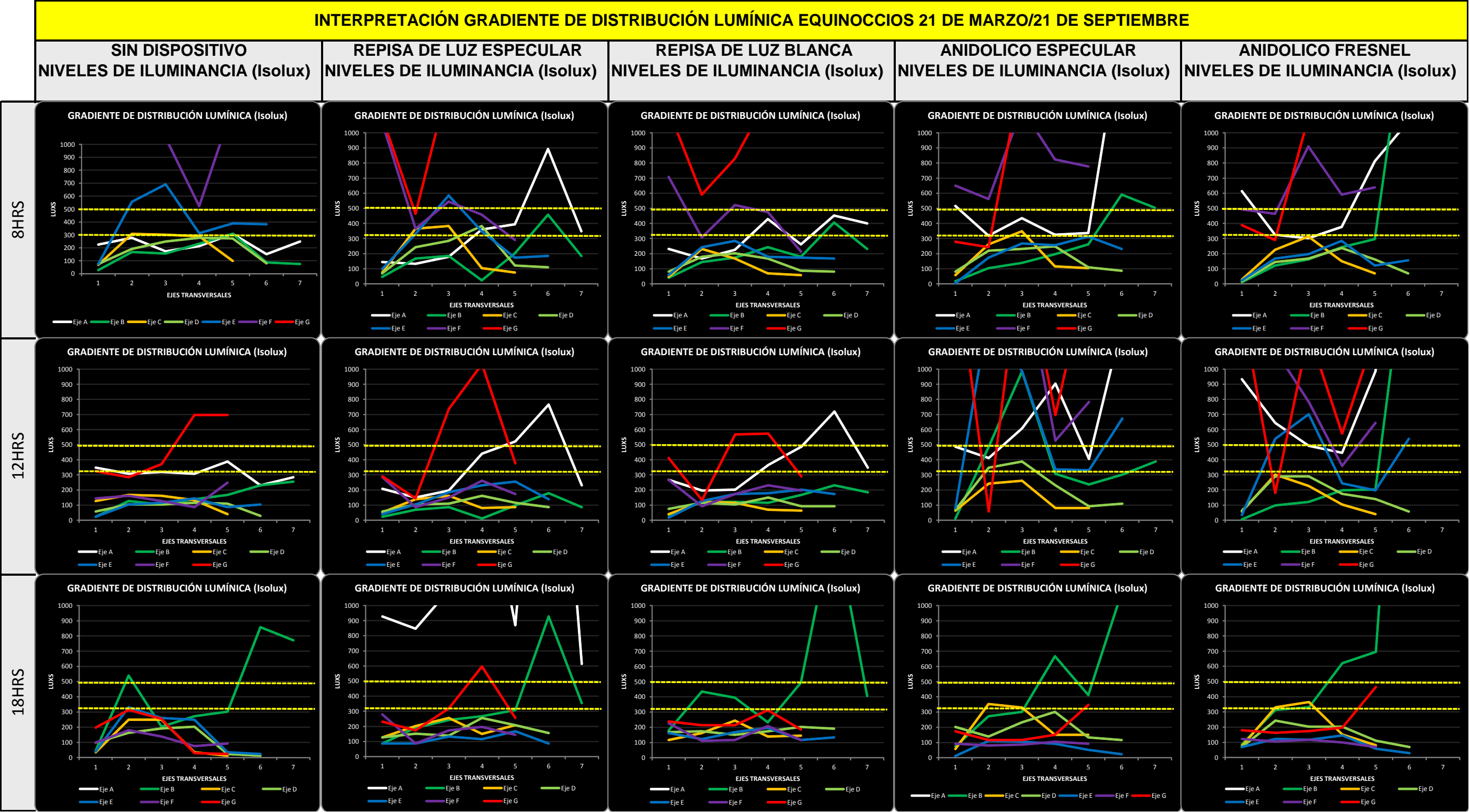


Tabla 70. Tabla comparativa de Gradiente de Distribución Lumínica entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de marzo 21 de septiembre. EQUINOCIOS. Cielo despejado.

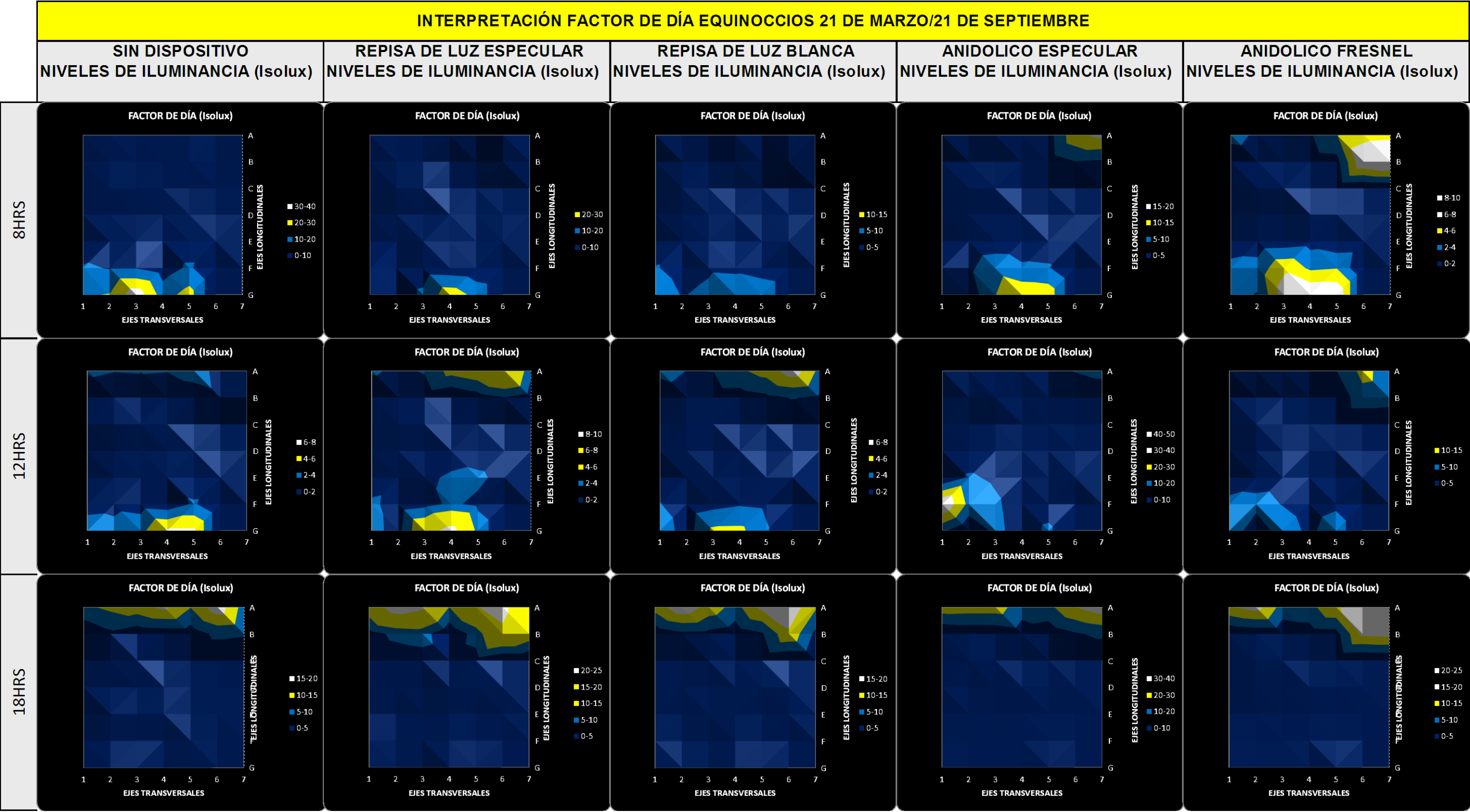


Tabla 71. Tabla comparativa de Factor de Día entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de marzo 21 de septiembre. EQUINOCCIOS. Cielo despejado.

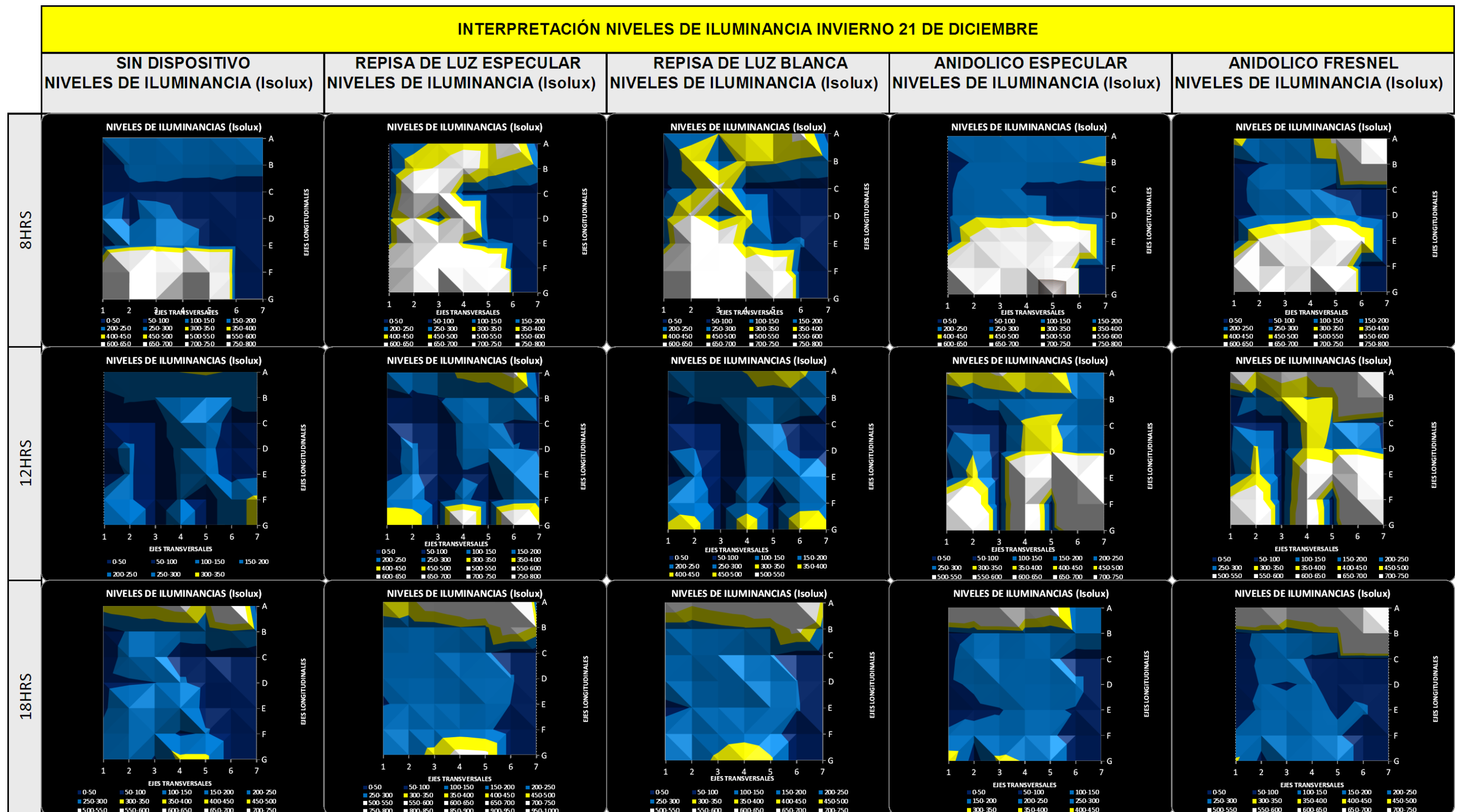


Tabla 72. Tabla comparativa de Niveles de Iluminancia entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de diciembre. INVIERNO. Cielo despejado.

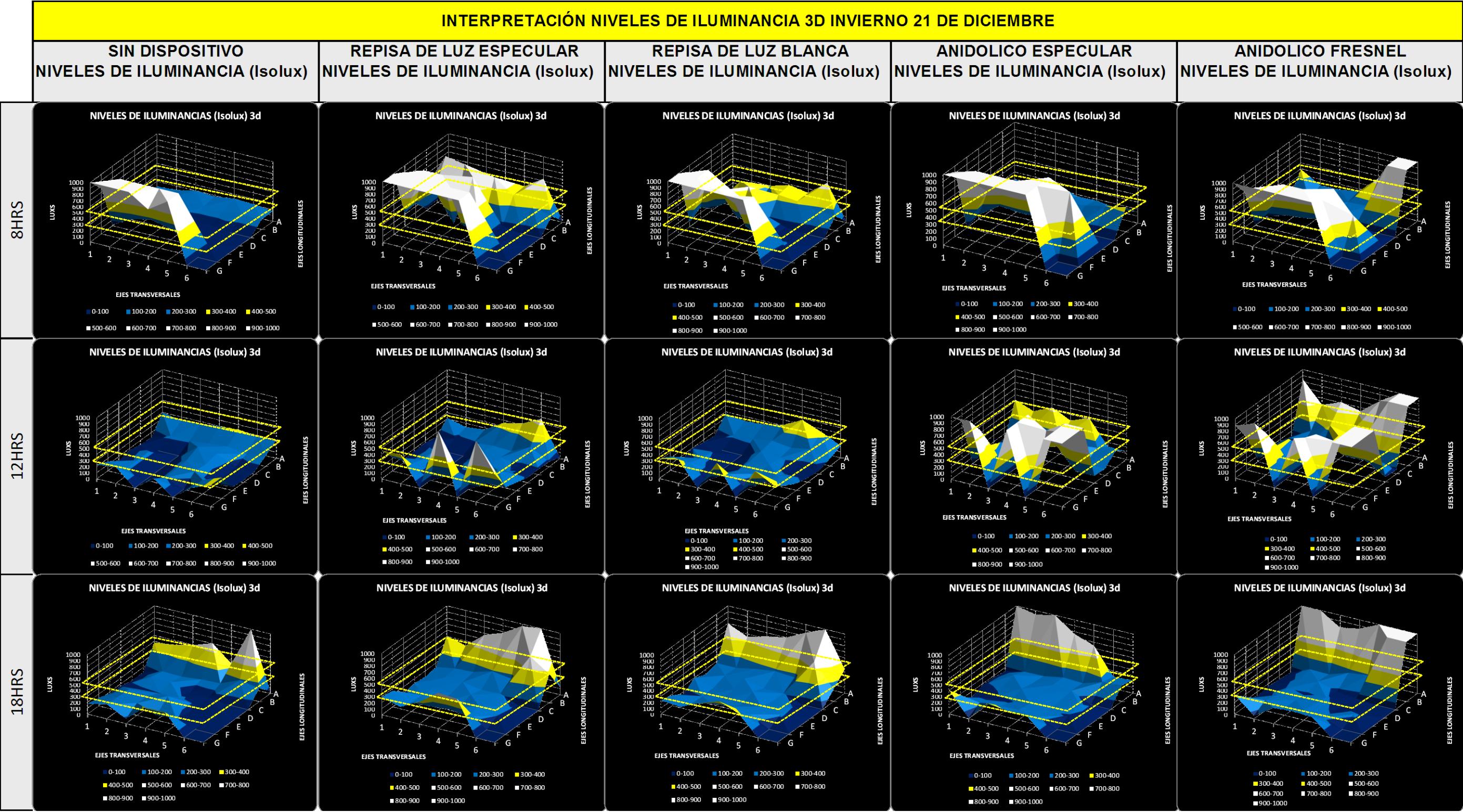


Tabla 73. Tabla comparativa de Niveles de Iluminancia 3D entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de diciembre. INVIERNO. Cielo despejado.

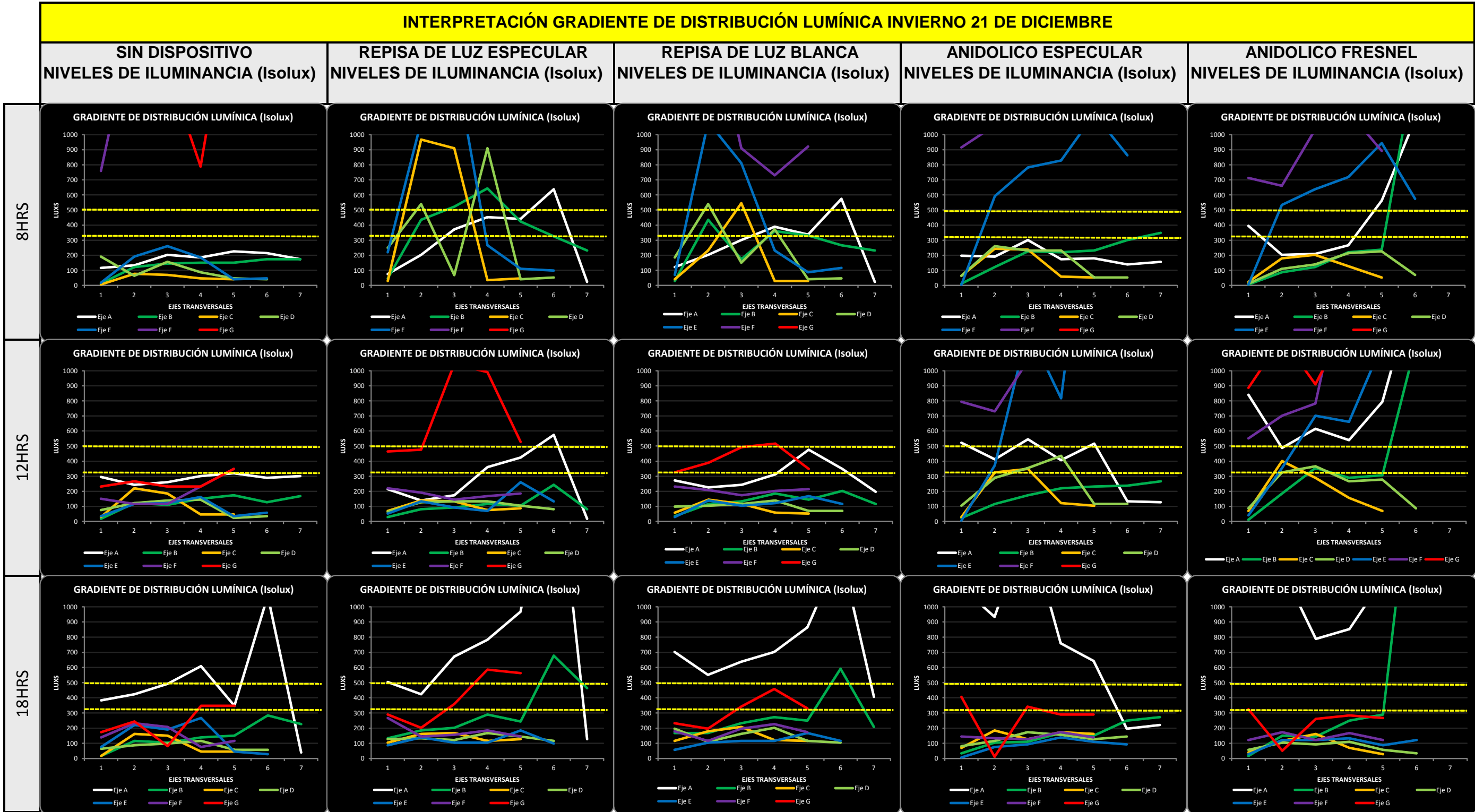


Tabla 74. Tabla comparativa de Gradiente de Distribución Lumínica entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de diciembre. INVIERNO. Cielo despejado.

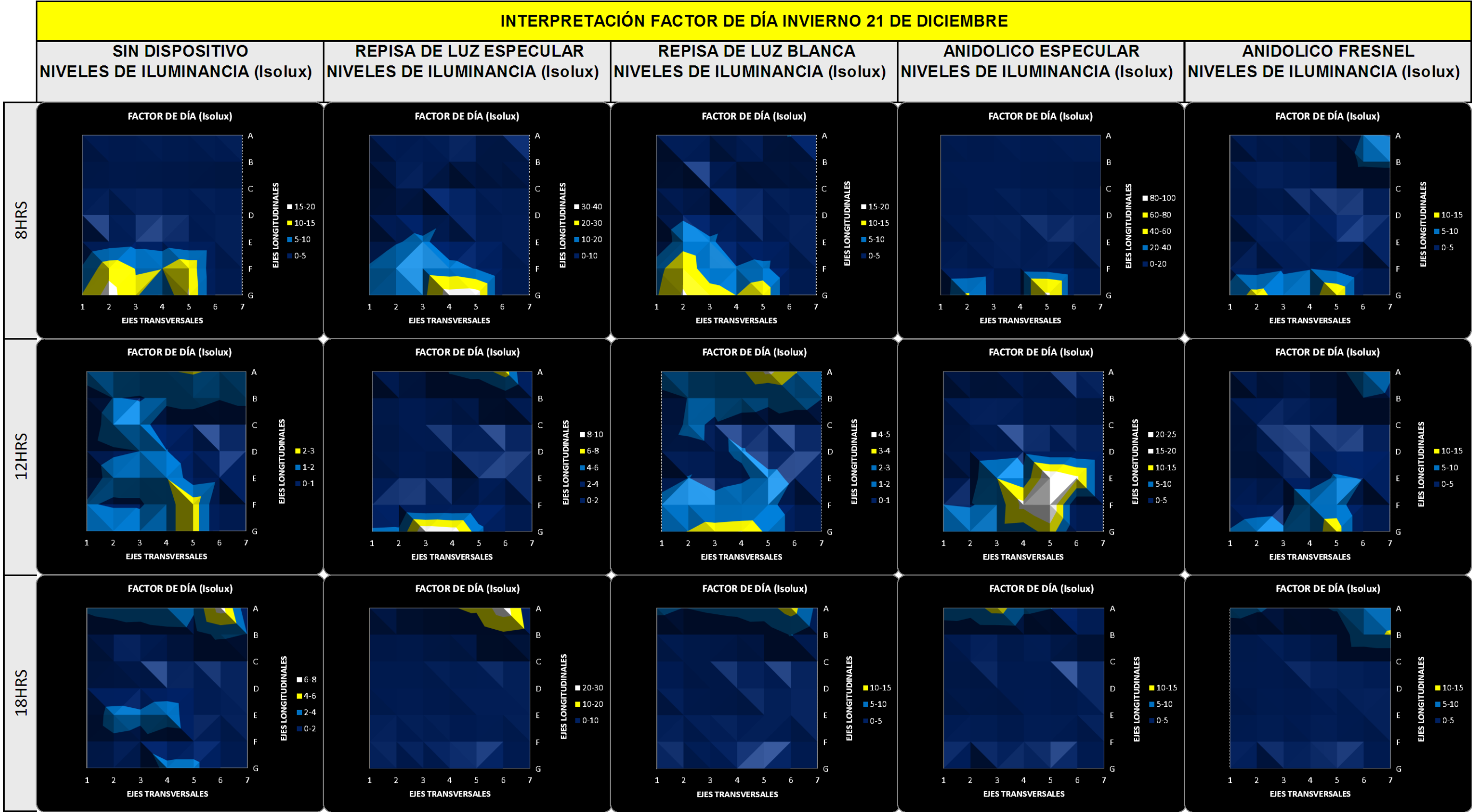


Tabla 75. Tabla comparativa de Factor de Día entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) 21 de diciembre. INVIERNO. Cielo despejado.

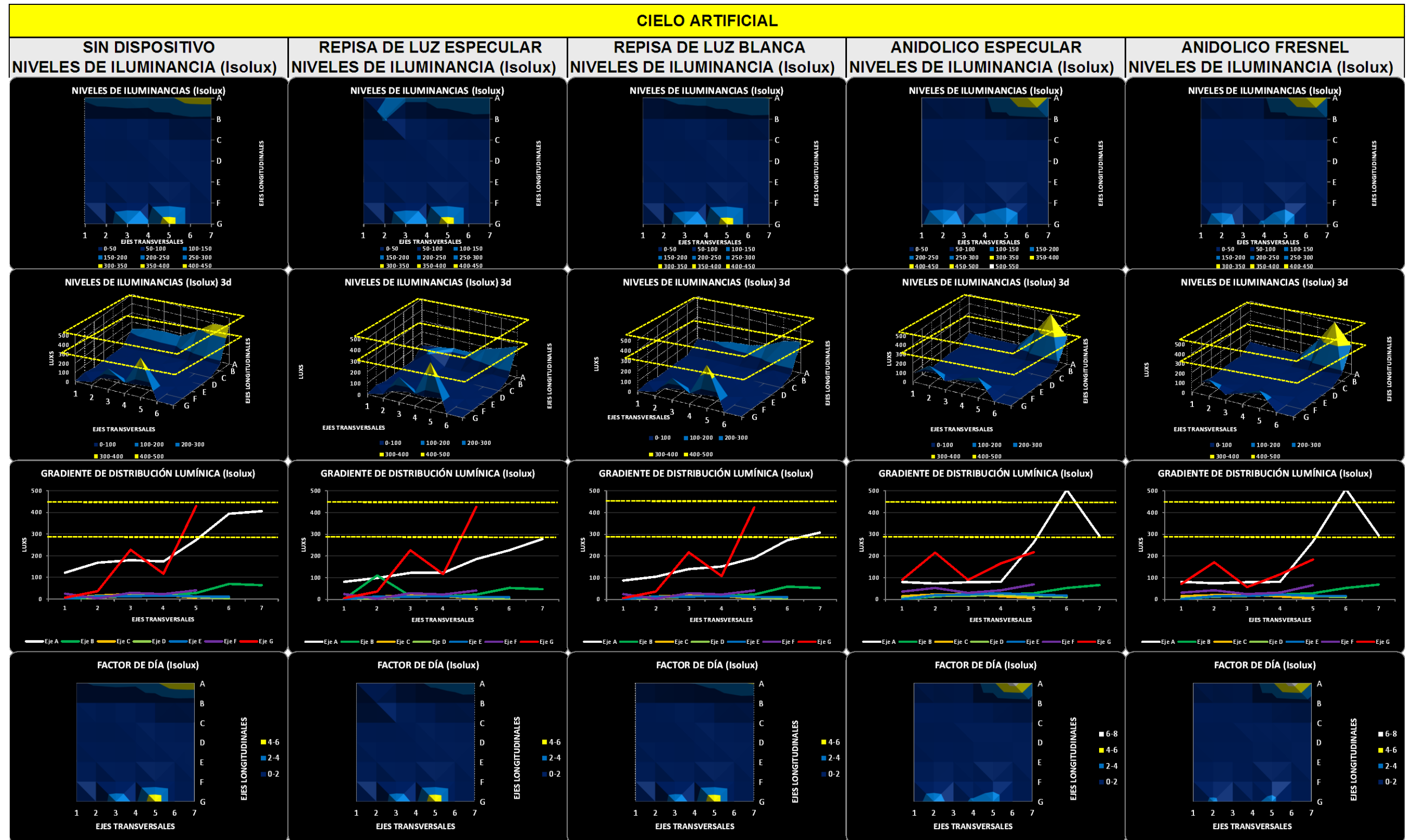


Tabla 76. Tabla comparativa de Monitoreo en Cielo Artificial entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e)

TABLA RESUMEN FILA A																												
VARIABLES													RESULTADOS															
ESTRATEGIA	IMAGEN	CONDICIÓN	FECHA SIMULADA	FECHA DE PRUEBA	CONDICIÓN DE CIELO	TRANSMITANCIA CRISTAL (%)	ILUMINANCIA HOR. EXT. INICIAL (LUX)	ILUMINANCIA HOR. EXT. FINAL (LUX)	ILUMINANCIA HOR. EXT. PROM(LUX)	HORA DE INICIO	HORA FINAL	HORA SIMULADA A	NIVELES DE ILUMINANCIA (VALORES ABSOLUTOS)							TOTAL CONFORT LUMÍNICO (%)	FACTOR DE DÍA (VALORES RELATIVOS)							TOTAL CONFORT LUMÍNICO (%)
													A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
(a) SIN ESTRATEGIA		(1) VERANO	21 DE JUNIO	14/03/2012	Despejado	58%	17800	12700	15250	12:27hrs	14:06hrs	8hrs	238	238	284	360	360	389	209	43%	1,2	1,2	1,5	1,9	1,9	2,0	1,1	43%
												12hrs	232	191	307	423	487	412	302	72%	1,2	1,0	1,6	2,2	2,5	2,2	1,6	72%
												18hrs	3347	7134	9814	7813	5301	3091	110	0%	17,5	37,3	51,2	40,8	27,7	16,1	0,6	0%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	13/03/2012	Despejado	58%	16000	11200	13600	12:10hrs	14:38hrs	8hrs	226	278	174	215	307	151	249	14%	1,5	1,9	1,2	1,4	2,1	1,0	1,7	14%
												12hrs	348	307	319	307	389	232	284	72%	2,3	2,1	2,1	2,1	2,6	1,6	1,9	72%
												18hrs	1334	1676	1943	2442	1525	2743	1160	0%	8,9	11,2	13,0	16,3	10,2	18,4	7,8	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	13/03/2012	Despejado	58%	17600	14500	16060	9:05hrs	11:57hrs	8hrs	116	133	203	186	226	215	174	0%	0,8	0,9	1,3	1,2	1,5	1,4	1,1	0%
												12hrs	296	244	261	302	319	290	302	43%	1,9	1,6	1,7	2,0	2,1	1,9	2,0	43%
												18hrs	383	423	493	609	348	1073	41	57%	2,5	2,7	3,2	4,0	2,3	7,0	0,3	57%
(b) REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR		(1) VERANO	21 DE JUNIO	15/03/2012	Despejado	58%	9900	10700	10300	10:15hrs	12:43hrs	8hrs	128	116	162	296	394	348	377	43%	1,5	1,3	1,9	3,4	4,6	4,0	4,4	43%
												12hrs	244	197	284	742	847	1340	35	0%	2,8	2,3	3,3	8,6	9,8	15,6	0,4	0%
												18hrs	2685	2053	2076	5684	2320	1357	522	0%	31,2	23,9	24,1	66,1	27,0	15,8	6,1	0%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	16/03/2012	Despejado	58%	11700	10600	11150	10:30hrs	13:05hrs	8hrs	145	133	180	360	394	893	348	43%	1,6	1,5	2,0	3,9	4,3	9,7	3,8	43%
												12hrs	209	151	197	441	522	766	232	14%	2,3	1,6	2,1	4,8	5,7	8,3	2,5	14%
												18hrs	1288	2262	1978	922	1815	1995	1299	0%	14,0	24,6	21,5	10,0	19,7	21,7	14,1	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	16/03/2012	Despejado	58%	10300	11900	11100	13:16hrs	14:55hrs	8hrs	75	203	371	452	441	638	23	43%	0,9	2,4	4,4	5,4	5,3	7,6	0,3	43%
												12hrs	215	139	174	360	423	574	17	29%	2,6	1,7	2,1	4,3	5,1	6,9	0,2	29%
												18hrs	505	423	673	783	969	2192	128	14%	6,0	5,1	8,1	9,4	11,6	26,3	1,5	14%
(c) REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO		(1) VERANO	21 DE JUNIO	19/03/2012	Despejado	58%	11700	12800	12250	9:50hrs	11:45hrs	8hrs	174	162	151	215	232	244	232	0%	1,7	1,6	1,5	2,1	2,3	2,4	2,3	0%
												12hrs	464	284	215	592	406	632	273	29%	4,6	2,8	2,1	5,9	4,1	6,3	2,7	29%
												18hrs	2030	2453	1711	3364	3265	1421	696	0%	20,3	24,5	17,1	33,6	32,7	14,2	7,0	0%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	19/03/2012	Despejado	58%	12600	11700	12150	12:00hrs	14:03hrs	8hrs	232	168	226	429	261	452	400	43%	2,3	1,7	2,3	4,3	2,6	4,5	4,0	43%
												12hrs	267	197	203	365	487	719	348	43%	2,7	2,0	2,0	3,7	4,9	7,2	3,5	43%
												18hrs	1218	1902	1340	800	1647	1862	1073	0%	12,2	19,0	13,4	8,0	16,5	18,6	10,7	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	20/03/2012	Despejado	58%	12000	12900	12450	13:16hrs	14:55hrs	8hrs	122	203	302	389	336	574	23	43%	1,1	1,8	2,7	3,5	3,0	5,2	0,2	43%
												12hrs	273	226	244	313	476	348	197	43%	2,5	2,0	2,2	2,8	4,3	3,1	1,8	43%
												18hrs	702	551	638	702	864	1363	406	14%	6,3	5,0	5,7	6,3	7,8	12,3	3,7	14%
(d) ANIDÓLICO TERMINADO ESPECULAR		(1) VERANO	21 DE JUNIO	03/04/2012	Despejado	58%	10600	13800	12200	9:45hrs	11:50hrs	8hrs	505	336	435	331	348	2581	7946	57%	4,0	2,7	3,5	2,6	2,8	20,6	63,6	57%
												12hrs	847	557	812	435	441	2094	2645	29%	6,8	4,5	6,5	3,5	3,5	16,8	21,2	29%
												18hrs	2332	2042	2732	4872	2076	2935	3985	0%	18,7	16,3	21,9	39,0	16,6	23,5	31,9	0%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	03/04/2012	Despejado	58%	12900	11100	12000	12:20hrs	14:47hrs	8hrs	516	319	435	325	336	1705	2071	57%	4,1	2,6	3,5	2,6	2,7	13,6	16,6	57%
												12hrs	487	412	609	905	406	1305	1624	29%	3,9	3,3	4,9	7,2	3,2	10,4	13,0	29%
												18hrs	3271	3178	3173	1782	2158	3770	4524	0%	26,2	25,4	25,4	14,0	17,3	30,2	36,2	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	04/04/2012	Despejado	58%	11900	13400	12650	9:40hrs	11:50hrs	8hrs	197	191	302	174	180	139	157	14%	1,6	1,5	2,4	1,4	1,4	1,1	1,3	14%
												12hrs	522	412	545	406	516	133	128	29%	4,2	3,3	4,4	3,2	4,1	1,1	1,0	29%
												18hrs	1131	934	1549	760	644	197	220	0%	9,0	7,5	12,4	6,1	5,2	1,6	1,8	0%
(e) ANIDÓLICO + LENTE FRESNEL		(1) VERANO	21 DE JUNIO	10/04/2012	Despejado	58%	19300	22600	20950	12:36hrs	14:25hrs	8hrs	835	394	319	452	1056	1398	1346	43%	4,0	1,9	1,5	2,2	5,0	6,7	6,4	43%
												12hrs	847	522	625	603	858	1096	922	0%	4,0	2,5	3,0	2,9	4,1	5,2	4,4	0%
												18hrs	4913	3608	1827	5910	1694	3213	4037	0%	23,4	17,2	8,7	28,2	8,1	15,3	19,3	0%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	11/04/2012	Despejado	58%	20100	21300	20700	9:50hrs	12:03hrs	8hrs	615	325	302	377	812	1073	1119	43%	2,9	1,6	1,4	1,8	3,9	5,1	5,3	43%
												12hrs	934	644	493	447	986	2401	1653	29%	4,5	3,1	2,4	2,1	4,7	11,5	7,9	29%
												18hrs	3045	3608	1676	1711	3074	3480	4814	0%	14,5	17,2	8,0	8,2	14,7	16,6	23,0	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	12/04/2012	Despejado	58%	15100	14700	14900	9:40hrs	11:50hrs	8hrs	384	203	209	287	563	1102	1044	14%	1,9	1,0	1,0	1,3	2,6	5,2	4,9	14%
												12hrs	841	487	615	539	795	1589	1154	14%	4,0	2,3	2,9	2,5	3,7	7,5	5,4	14%
												18hrs	1676,2	1247	789	853	1183	1815	1862	0%	7,9	5,9	3,7	4,0	5,6	8,5	8,8	0%

TABLA RESUMEN FILA B																												
VARIABLES													RESULTADOS															
ESTRATEGIA	IMAGEN	CONDICIÓN	FECHA SIMULADA	FECHA DE PRUEBA	CONDICIÓN DE CIELO	TRANSMITANCIA CRISTAL (%)	ILUMINANCIA HOR. EXT. INICIAL (LUX)	ILUMINANCIA HOR. EXT. FINAL (LUX)	ILUMINANCIA HOR. EXT. PROM (LUX)	HORA DE INICIO	HORA FINAL	HORA SIMULADA	NIVELES DE ILUMINANCIA (VALORES ABSOLUTOS)							TOTAL CONFORT LUMINICO (%)	FACTOR DE DÍA (VALORES RELATIVOS)							TOTAL CONFORT LUMINICO (%)
													B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	
(a) SIN ESTRATEGIA		(1) VERANO	21 DE JUNIO	14/03/2012	Despejado	58%	17800	12700	15250	12:27hrs	14:06hrs	8hrs	17	116	99	209	342	290	191	14%	0,1	0,8	0,7	1,4	2,4	2,0	1,3	14%
												12hrs	17	104	104	145	186	464	255	14%	0,1	0,7	0,7	1,0	1,3	3,2	1,8	14%
												18hrs	46	4483	563	690	725	1711	2303	0%	0,3	30,9	3,9	4,8	5,0	11,8	15,9	0%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	13/03/2012	Despejado	58%	16000	11200	13600	12:19hrs	14:38hrs	8hrs	29	168	157	232	307	87	75	14%	0,2	1,2	1,1	1,7	2,2	0,6	0,6	14%
												12hrs	23	128	104	139	168	232	255	0%	0,2	0,9	0,8	1,0	1,2	1,7	1,9	0%
												18hrs	46	539	203	273	302	858	771	14%	0,3	3,9	1,5	2,0	2,2	6,3	5,6	14%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	13/03/2012	Despejado	58%	17600	14500	16050	9:05hrs	11:57hrs	8hrs	12	122	145	151	151	174	174	0%	0,1	1,0	1,2	1,3	1,3	1,5	1,5	0%
												12hrs	17	122	110	151	174	128	168	0%	0,1	1,0	0,9	1,3	1,5	1,1	1,4	0%
												18hrs	17	116	104	139	151	284	226	0%	0,1	1,0	0,9	1,2	1,3	2,4	1,9	0%
(b) REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR		(1) VERANO	21 DE JUNIO	15/03/2012	Despejado	58%	9900	10700	10300	10:15hrs	12:43hrs	8hrs	35	116	145	232	249	84	360	14%	0,3	1,1	1,4	2,2	2,4	0,8	3,5	14%
												12hrs	29	81	99	174	145	389	157	14%	0,3	0,8	0,9	1,7	1,4	3,7	1,5	14%
												18hrs	313	232	887	1334	3248	1218	597	14%	3,0	2,2	8,5	12,8	31,2	11,7	5,7	14%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	16/03/2012	Despejado	58%	11700	10600	11150	10:30hrs	13:05hrs	8hrs	46	168	186	23	203	458	186	14%	0,5	1,8	2,0	0,3	2,2	5,0	2,0	14%
												12hrs	23	70	87	12	99	180	87	0%	0,3	0,8	0,9	0,1	1,1	2,0	0,9	0%
												18hrs	296	563	644	87	638	1746	1259	0%	3,2	6,1	7,0	0,9	6,9	19,0	13,7	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	16/03/2012	Despejado	58%	10300	11900	11100	13:16hrs	14:55hrs	8hrs	46	435	522	644	423	325	232	43%	0,6	5,2	6,3	7,7	5,1	3,9	2,8	43%
												12hrs	29	81	93	116	104	244	81	0%	0,3	1,0	1,1	1,4	1,3	2,9	1,0	0%
												18hrs	133	186	203	290	244	679	464	14%	1,6	2,2	2,4	3,5	2,9	8,1	5,6	14%
(c) REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO		(1) VERANO	21 DE JUNIO	19/03/2012	Despejado	58%	11700	12800	12250	9:50hrs	11:45hrs	8hrs	29	128	116	180	226	84	360	14%	0,3	1,2	1,1	1,6	2,1	0,8	3,3	14%
												12hrs	58	197	133	232	215	435	186	14%	0,5	1,8	1,2	2,1	2,0	4,0	1,7	14%
												18hrs	307	249	592	1247	2442	1032	545	14%	2,8	2,3	5,4	11,3	22,2	9,4	5,0	14%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	19/03/2012	Despejado	58%	12600	11700	12150	12:00hrs	14:03hrs	8hrs	41	145	174	244	180	406	232	14%	0,4	1,3	1,6	2,2	1,6	3,7	2,1	14%
												12hrs	35	122	122	116	168	232	186	0%	0,3	1,1	1,1	1,1	1,5	2,1	1,7	0%
												18hrs	180	435	394	232	493	1566	406	72%	1,6	4,0	3,6	2,1	4,5	14,2	3,7	72%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	20/03/2012	Despejado	58%	12000	12900	12450	13:16hrs	14:55hrs	8hrs	29	435	174	360	331	267	232	43%	0,3	3,9	1,6	3,2	3,0	2,4	2,1	43%
												12hrs	35	116	133	186	145	203	116	0%	0,3	1,0	1,2	1,7	1,3	1,8	1,0	0%
												18hrs	168	168	232	273	249	592	209	0%	1,5	1,5	2,1	2,4	2,2	5,3	1,9	0%
(d) ANIDÓLICO TERMINADO ESPECULAR		(1) VERANO	21 DE JUNIO	03/04/2012	Despejado	58%	10600	13800	12200	9:45hrs	11:50hrs	8hrs	23	64	99	116	226	609	829	0%	0,2	0,5	0,8	1,0	1,9	5,0	6,8	0%
												12hrs	17	46	75	197	110	244	360	14%	0,1	0,4	0,6	1,6	0,9	2,0	3,0	14%
												18hrs	110	4396	940	4530	2343	1398	8781	0%	0,9	36,2	7,7	37,3	19,3	11,5	72,3	0%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	03/04/2012	Despejado	58%	12900	11100	12000	12:20hrs	14:47hrs	8hrs	17	104	139	197	261	592	505	0%	0,1	0,9	1,1	1,6	2,1	4,9	4,2	0%
												12hrs	12	487	986	307	238	302	389	72%	0,1	4,0	8,1	2,5	2,0	2,5	3,2	72%
												18hrs	75	273	302	667	412	1085	1496	29%	0,6	2,2	2,5	5,5	3,4	8,9	12,3	29%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	04/04/2012	Despejado	58%	11900	13400	12650	9:40hrs	11:50hrs	8hrs	12	122	226	220	232	302	348	29%	0,1	1,0	1,9	1,8	1,9	2,5	2,9	29%
												12hrs	23	116	174	220	232	238	267	0%	0,2	1,0	1,4	1,8	1,9	2,0	2,2	0%
												18hrs	35	104	110	168	151	249	273	0%	0,3	0,9	0,9	1,4	1,2	2,1	2,2	0%
(e) ANIDÓLICO + LENTE FRESNEL		(1) VERANO	21 DE JUNIO	10/04/2012	Despejado	58%	19300	22600	20950	12:36hrs	14:25hrs	8hrs	35	110	145	325	325	2558	3236	29%	0,1	0,4	0,5	1,2	1,2	9,5	12,1	29%
												12hrs	12	99	157	191	284	3289	2024	0%	0,0	0,4	0,6	0,7	1,1	12,2	7,5	0%
												18hrs	151	835	5945	1897	2494	4153	4141	0%	0,6	3,1	22,1	7,1	9,3	15,5	15,4	0%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	11/04/2012	Despejado	58%	20100	21300	20700	9:50hrs	12:03hrs	8hrs	12	122	162	244	296	1862	2117	0%	0,1	0,5	0,7	1,1	1,3	8,0	9,1	0%
												12hrs	6	99	122	197	203	1920	1792	0%	0,0	0,4	0,5	0,9	0,9	8,3	7,7	0%
												18hrs	87	313	331	621	696	3758	3932	29%	0,4	1,4	1,4	2,7	3,0	16,2	17,0	29%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	12/04/2012	Despejado	58%	15100	14700	14900	9:40hrs	11:50hrs	8hrs	6	87	122	220	238	1467	1549	0%	0,0	0,4	0,5	0,9	1,0	6,2	6,5	0%
												12hrs	12	186	354	290	307	1183	1056	29%	0,0	0,8	1,5	1,2	1,3	5,0	4,4	29%
												18hrs	17	151	145	249	290	2192	2442	0%	0,1	0,6	0,6	1,0	1,2	9,2	10,2	0%

TABLA RESUMEN FILA C																								
VARIABLES													RESULTADOS											
ESTRATEGIA	IMAGEN	CONDICIÓN	FECHA SIMULADA	FECHA DE PRUEBA	CONDICIÓN DE CIELO	TRANSMITANCIA CRISTAL (%)	ILUMINANCIA HOR. EXT. INICIAL (LUX)	ILUMINANCIA HOR. EXT. FINAL (LUX)	ILUMINANCIA HOR. EXT. PROM (LUX)	HORA DE INICIO	HORA FINAL	HORA SIMULADA	NIVELES DE ILUMINANCIA (VALORES ABSOLUTOS)					TOTAL CONFORT LUMÍNICO (%)	FACTOR DE DÍA (VALORES RELATIVOS)					TOTAL CONFORT LUMÍNICO (%)
													C1	C4	C5	C6	C7		C1	C4	C5	C6	C7	
(a) SIN ESTRATEGIA		(1) VERANO	21 DE JUNIO	14/03/2012	Despejado	58%	17800	12700	15250	12:27hrs	14:06hrs	8hrs	12	174	162	17	12	0%	0,1	1,6	1,5	0,2	0,1	0%
												12hrs	17	128	122	35	29	0%	0,2	1,2	1,1	0,3	0,3	0%
												18hrs	52	354	319	35	41	40%	0,5	3,3	3,0	0,3	0,4	40%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	13/03/2012	Despejado	58%	16000	11200	13600	12:19hrs	14:38hrs	8hrs	70	307	302	290	99	40%	0,6	2,5	2,4	2,3	0,8	0%
												12hrs	128	168	162	133	41	0%	1,0	1,4	1,3	1,1	0,3	0%
												18hrs	35	249	249	35	12	0%	0,3	2,0	2,0	0,3	0,1	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	13/03/2012	Despejado	58%	17600	14500	16050	9:05hrs	11:57hrs	8hrs	6	77	70	46	41	0%	0,0	0,6	0,5	0,4	0,3	0%
												12hrs	29	220	186	46	46	0%	0,2	1,7	1,4	0,4	0,4	0%
												18hrs	17	162	151	46	46	0%	0,1	1,2	1,2	0,4	0,4	0%
(b) REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR		(1) VERANO	21 DE JUNIO	15/03/2012	Despejado	58%	9900	10700	10300	10:15hrs	12:43hrs	8hrs	58	232	255	46	93	0%	0,6	2,5	2,7	0,5	1,0	0%
												12hrs	35	139	174	64	58	0%	0,4	1,5	1,9	0,7	0,6	0%
												18hrs	255	638	708	371	325	40%	2,7	6,8	7,6	4,0	3,5	40%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	16/03/2012	Despejado	58%	11700	10600	11150	10:30hrs	13:05hrs	8hrs	75	365	383	104	75	40%	0,6	3,1	3,3	0,9	0,6	40%
												12hrs	52	139	162	81	87	0%	0,4	1,2	1,4	0,7	0,7	0%
												18hrs	180	290	348	226	371	40%	1,5	2,5	3,0	1,9	3,2	40%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	16/03/2012	Despejado	58%	10300	11900	11100	13:16hrs	14:55hrs	8hrs	29	969	911	35	46	0%	0,2	7,9	7,4	0,3	0,4	0%
												12hrs	70	139	133	75	87	0%	0,6	1,1	1,1	0,6	0,7	0%
												18hrs	104	162	168	116	128	0%	0,8	1,3	1,4	0,9	1,0	0%
(c) REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO		(1) VERANO	21 DE JUNIO	19/03/2012	Despejado	58%	11700	12800	12250	9:50hrs	11:45hrs	8hrs	58	162	226	46	93	0%	0,5	1,4	1,9	0,4	0,8	0%
												12hrs	35	180	145	64	46	0%	0,3	1,5	1,2	0,5	0,4	0%
												18hrs	174	551	1160	261	249	0%	1,5	4,7	9,9	2,2	2,1	0%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	19/03/2012	Despejado	58%	12600	11700	12150	12:00hrs	14:03hrs	8hrs	46	232	168	70	58	0%	0,4	2,0	1,4	0,6	0,5	0%
												12hrs	41	122	116	70	64	0%	0,3	1,0	1,0	0,6	0,5	0%
												18hrs	116	162	244	139	145	0%	1,0	1,4	2,1	1,2	1,2	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	20/03/2012	Despejado	58%	12000	12900	12450	13:16hrs	14:55hrs	8hrs	41	232	545	29	29	0%	0,3	1,8	4,3	0,2	0,2	0%
												12hrs	58	145	116	58	52	0%	0,5	1,1	0,9	0,5	0,4	0%
												18hrs	116	180	209	122	116	0%	0,9	1,4	1,6	1,0	0,9	0%
(d) ANIDÓLICO TERMINADO ESPECULAR		(1) VERANO	21 DE JUNIO	03/04/2012	Despejado	58%	10600	13800	12200	9:45hrs	11:50hrs	8hrs	52	209	232	52	41	0%	0,4	1,7	1,9	0,4	0,3	0%
												12hrs	41	174	157	58	46	0%	0,3	1,4	1,3	0,5	0,4	0%
												18hrs	145	638	789	273	232	0%	1,2	5,2	6,4	2,2	1,9	0%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	03/04/2012	Despejado	58%	12900	11100	12000	12:20hrs	14:47hrs	8hrs	58	261	348	116	104	20%	0,5	2,1	2,8	0,9	0,9	20%
												12hrs	64	244	261	81	81	0%	0,5	2,0	2,1	0,7	0,7	0%
												18hrs	58	354	331	151	151	40%	0,5	2,9	2,7	1,2	1,2	40%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	04/04/2012	Despejado	58%	11900	13400	12650	9:40hrs	11:50hrs	8hrs	64	244	238	58	52	0%	0,5	2,0	1,9	0,5	0,4	0%
												12hrs	29	325	348	122	104	40%	0,2	2,6	2,8	1,0	0,8	40%
												18hrs	70	186	128	174	162	0%	0,6	1,5	1,0	1,4	1,3	0%
(e) ANIDÓLICO + LENTE FRESNEL		(1) VERANO	21 DE JUNIO	10/04/2012	Despejado	58%	19300	22600	20950	12:36hrs	14:25hrs	8hrs	23	191	302	128	58	20%	0,1	1,1	1,7	0,7	0,3	20%
												12hrs	23	145	180	81	41	0%	0,1	0,8	1,0	0,5	0,2	0%
												18hrs	139	4443	986	435	226	20%	0,8	25,0	5,6	2,5	1,3	20%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	11/04/2012	Despejado	58%	20100	21300	20700	9:50hrs	12:03hrs	8hrs	29	226	313	151	70	20%	0,2	1,4	1,9	0,9	0,4	20%
												12hrs	58	302	226	104	41	20%	0,4	1,9	1,4	0,6	0,2	20%
												18hrs	75	331	365	151	81	40%	0,5	2,0	2,2	0,9	0,5	40%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	12/04/2012	Despejado	58%	15100	14700	14900	9:40hrs	11:50hrs	8hrs	23	180	203	128	52	0%	0,1	1,1	1,2	0,8	0,3	0%
												12hrs	70	400	290	157	70	20%	0,4	2,4	1,7	0,9	0,4	20%
												18hrs	41	116	162	70	29	0%	0,2	0,7	1,0	0,4	0,2	0%

Tabla 79. Tabla comparativa entre Niveles de Iluminancia y Factor de Día en Fila C entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e)

TABLA RESUMEN FILA D																												
VARIABLES													RESULTADOS															
ESTRATEGIA	IMAGEN	CONDICIÓN	FECHA SIMULADA	FECHA DE PRUEBA	CONDICIÓN DE CIELO	TRANSMITANCIA CRISTAL (%)	ILUMINANCIA HOR. EXT. INICIAL (LUX)	ILUMINANCIA HOR. EXT. FINAL (LUX)	ILUMINANCIA HOR. EXT. PROM (LUX)	HORA DE INICIO	HORA FINAL	HORA SIMULADA	NIVELES DE ILUMINANCIA (VALORES ABSOLUTOS)						TOTAL CONFORT LUMÍNICO (%)	FACTOR DE DÍA (VALORES RELATIVOS)						TOTAL CONFORT LUMÍNICO (%)		
													D1	D2	D4	D5	D6	D7		D1	D2	D4	D5	D6	D7			
(a) SIN ESTRATEGIA		(1) VERANO	21 DE JUNIO	14/03/2012	Despejado	58%	17800	12700	15250	12:27hrs	14:06hrs	8hrs	70	128	209	296	17	17	0%	0,5	1,0	1,6	2,3	0,1	0,1	0%		
		(2) EQUINOCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	13/03/2012	Despejado	58%	16000	11200	13600	12:19hrs	14:38hrs	12hrs	64	104	128	122	35	29	0%	0,5	0,8	1,0	1,1	1,0	0,3	0%		
												18hrs	81	296	336	307	41	46	33%	0,6	2,3	2,6	2,4	0,3	0,4	33%		
												8hrs	75	191	249	278	273	81	0%	0,5	1,4	1,8	2,0	2,0	0,6	0%		
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	13/03/2012	Despejado	58%	17600	14500	16050	9:05hrs	11:57hrs	12hrs	58	104	104	116	110	29	0%	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,2	0%		
												18hrs	99	162	191	203	23	12	0%	0,7	1,1	1,2	1,3	0,3	0,4	0%		
												8hrs	191	64	157	87	46	41	0%	1,4	0,5	1,1	0,6	0,3	0,3	0%		
		(b) REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR		(1) VERANO	21 DE JUNIO	15/03/2012	Despejado	58%	9900	10700	10300	10:15hrs	12:43hrs	8hrs	75	122	139	145	23	35	0%	0,5	0,9	1,0	1,0	0,2	0,3	0%
				(2) EQUINOCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	16/03/2012	Despejado	58%	11700	10600	11150	10:30hrs	13:05hrs	18hrs	64	87	99	116	58	58	0%	0,5	0,6	0,7	0,8	0,4	0,4	0%
8hrs	58													157	209	255	52	41	0%	0,6	1,7	2,3	2,9	0,6	0,5	0%		
12hrs	35													107	110	174	70	58	0%	0,4	1,2	1,2	1,9	0,8	0,6	0%		
(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE			16/03/2012	Despejado	58%	10300	11900	11100	13:16hrs	14:55hrs	18hrs	255	731	1027	708	348	360	33%	2,9	8,2	11,5	7,9	3,9	4,0	33%		
												8hrs	70	244	284	383	122	110	17%	0,6	2,1	2,4	3,3	1,0	0,9	17%		
												12hrs	58	104	110	162	116	87	0%	0,5	0,9	0,9	1,4	1,0	0,7	0%		
(c) REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO				(2) EQUINOCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	19/03/2012	Despejado	58%	12600	11700	12150	12:00hrs	14:03hrs	18hrs	186	224	203	348	290	215	17%	1,6	1,9	1,7	3,0	2,5	1,8	17%
														8hrs	249	540	67	911	41	52	0%	2,0	4,4	0,5	7,4	0,3	0,4	0%
		12hrs	64											128	133	133	104	81	0%	0,5	1,0	1,1	1,1	0,8	0,7	0%		
		(1) VERANO	21 DE JUNIO	19/03/2012	Despejado	58%	11700	12800	12250	9:50hrs	11:45hrs	18hrs	128	133	122	168	145	116	0%	1,0	1,1	1,0	1,4	1,2	0,9	0%		
		(2) EQUINOCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	19/03/2012	Despejado	58%	12600	11700	12150	12:00hrs	14:03hrs	8hrs	58	157	116	157	35	41	0%	0,5	1,3	1,0	1,3	0,3	0,3	0%		
												12hrs	29	116	110	151	58	64	0%	0,2	1,0	0,9	1,3	0,5	0,5	0%		
												18hrs	273	568	574	551	232	238	0%	2,3	4,8	4,9	4,7	2,0	2,0	0%		
		(d) ANIDÓLICO TERMINADO ESPECULAR		(2) EQUINOCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	03/04/2012	Despejado	58%	12900	11100	12000	12:20hrs	14:47hrs	8hrs	81	180	203	168	87	81	0%	0,7	1,5	1,7	1,4	0,7	0,7	0%
														12hrs	75	116	104	151	93	93	0%	0,6	1,0	0,9	1,3	0,8	0,8	0%
18hrs	168													174	151	174	203	191	0%	1,4	1,5	1,3	1,5	1,7	1,6	0%		
(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE			04/04/2012	Despejado	58%	11900	13400	12650	9:40hrs	11:50hrs	8hrs	186	540	151	371	41	46	17%	1,5	4,2	1,2	2,9	0,3	0,4	17%		
												12hrs	98	104	116	139	70	70	0%	0,8	0,8	0,9	1,1	0,5	0,5	0%		
												18hrs	197	110	162	203	116	104	0%	1,5	0,9	1,3	1,6	0,9	0,8	0%		
(e) ANIDÓLICO + LENTE FRESNEL				(1) VERANO	21 DE JUNIO	10/04/2012	Despejado	58%	19300	22600	20950	12:36hrs	14:25hrs	8hrs	70	174	209	244	46	46	0%	0,6	1,4	1,7	2,0	0,4	0,4	0%
														12hrs	52	110	215	174	35	35	0%	0,4	0,9	1,7	1,4	0,3	0,3	0%
														18hrs	215	429	887	458	296	278	33%	1,7	3,5	7,2	3,7	2,4	2,3	33%
		(2) EQUINOCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	11/04/2012	Despejado	58%	20100	21300	20700	9:50hrs	12:03hrs	8hrs	81	220	232	249	110	87	0%	0,7	1,8	1,9	2,0	0,9	0,7	0%		
												12hrs	70	348	389	232	93	110	33%	0,6	2,8	3,2	1,9	0,8	0,9	33%		
												18hrs	203	139	232	302	133	116	17%	1,7	1,1	1,9	2,5	1,1	0,9	17%		
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	12/04/2012	Despejado	58%	15100	14700	14900	9:40hrs	11:50hrs	8hrs	64	261	232	232	52	52	0%	0,5	2,1	1,9	1,9	0,4	0,4	0%		
												12hrs	104	290	354	435	116	116	33%	0,8	2,4	2,9	3,5	0,9	0,9	33%		
												18hrs	81	116	174	157	128	145	0%	0,7	0,9	1,4	1,3	1,0	1,2	0%		

TABLA RESUMEN FILA E																										
VARIABLES													RESULTADOS													
ESTRATEGIA	IMAGEN	CONDICIÓN	FECHA SIMULADA	FECHA DE PRUEBA	CONDICIÓN DE CIELO	TRANSMITANCIA CRISTAL (%)	ILUMINANCIA HOR. EXT. INICIAL (LUX)	ILUMINANCIA HOR. EXT. FINAL (LUX)	ILUMINANCIA HOR. EXT. PROM (LUX)	HORA DE INICIO	HORA FINAL	HORA SIMULADA	NIVELES DE ILUMINANCIA (VALORES ABSOLUTOS)						TOTAL CONFORT LUMÍNICO (%)	FACTOR DE DÍA (VALORES RELATIVOS)						TOTAL CONFORT LUMÍNICO (%)
													E1	E2	E4	E5	E6	E7		E1	E2	E4	E5	E6	E7	
(a) SIN ESTRATEGIA		(1) VERANO	21 DE JUNIO	14/03/2012	Despejado	58%	17800	12700	15250	12:27hrs	14:06hrs	8hrs	17	203	261	191	70	81	0%	0,2	2,0	2,5	1,9	0,7	0,8	0%
												12hrs	35	110	122	116	35	46	0%	0,3	1,1	1,2	1,1	0,3	0,5	0%
												18hrs	58	77	87	87	35	29	0%	0,6	0,8	0,8	0,8	0,3	0,3	0%
		(2) EQUINOCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	13/03/2012	Despejado	58%	16000	11200	13600	12:19hrs	14:38hrs	8hrs	75	557	690	313	389	383	50%	0,6	4,3	5,4	2,4	3,0	3,0	50%
												12hrs	23	104	116	145	87	104	0%	0,2	0,8	0,9	1,1	0,7	0,8	0%
												18hrs	41	331	261	249	35	23	17%	0,3	2,6	2,0	1,9	0,3	0,2	17%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	13/03/2012	Despejado	58%	17600	14500	16050	9:05hrs	11:57hrs	8hrs	17	191	261	186	41	46	0%	0,2	2,3	3,2	2,2	0,5	0,6	0%
												12hrs	35	116	122	162	35	58	0%	0,4	1,4	1,5	2,0	0,4	0,7	0%
												18hrs	75	220	191	267	46	29	0%	0,9	2,7	2,3	3,2	0,6	0,4	0%
(b) REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR		(1) VERANO	21 DE JUNIO	15/03/2012	Despejado	58%	9900	10700	10300	10:15hrs	12:43hrs	8hrs	75	157	209	232	46	46	0%	0,7	1,4	1,9	2,1	0,4	0,4	0%
												12hrs	35	99	75	128	128	104	0%	0,3	0,9	0,7	1,2	1,2	0,9	0%
												18hrs	394	307	371	574	197	116	50%	3,6	2,8	3,4	5,2	1,8	1,1	50%
		(2) EQUINOCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	16/03/2012	Despejado	58%	11700	10600	11150	10:30hrs	13:05hrs	8hrs	99	331	586	348	174	186	33%	0,9	3,1	5,5	3,3	1,6	1,8	33%
												12hrs	41	104	186	232	255	139	0%	0,4	1,0	1,8	2,2	2,4	1,3	0%
												18hrs	128	75	133	174	104	75	0%	1,2	0,7	1,3	1,6	1,0	0,7	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	16/03/2012	Despejado	58%	10300	11900	11100	13:16hrs	14:55hrs	8hrs	220	1085	1508	267	110	99	0%	1,9	9,1	12,7	2,2	0,9	0,8	0%
												12hrs	52	133	93	70	261	133	0%	0,4	1,1	0,8	0,6	2,2	1,1	0%
												18hrs	87	139	104	104	186	99	0%	0,7	1,2	0,9	0,9	1,6	0,8	0%
(c) REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO		(1) VERANO	21 DE JUNIO	19/03/2012	Despejado	58%	11700	12800	12250	9:50hrs	11:45hrs	8hrs	75	157	116	116	35	23	0%	0,6	1,2	0,9	0,9	0,3	0,2	0%
												12hrs	70	180	104	110	151	116	0%	0,5	1,4	0,8	0,9	1,2	0,9	0%
												18hrs	174	244	336	284	162	139	17%	1,4	1,9	2,6	2,2	1,3	1,1	17%
		(2) EQUINOCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	19/03/2012	Despejado	58%	12600	11700	12150	12:00hrs	14:03hrs	8hrs	58	244	284	180	174	168	0%	0,5	1,9	2,2	1,4	1,4	1,3	0%
												12hrs	17	128	174	180	203	174	0%	0,1	1,0	1,4	1,4	1,6	1,4	0%
												18hrs	162	122	168	197	116	133	0%	1,3	1,0	1,3	1,6	0,9	1,1	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	20/03/2012	Despejado	58%	12000	12900	12450	13:16hrs	14:55hrs	8hrs	70	1085	812	232	87	116	0%	0,5	7,9	5,9	1,7	0,6	0,8	0%
												12hrs	29	139	104	122	168	116	0%	0,2	1,0	0,8	0,9	1,2	0,8	0%
												18hrs	58	104	116	116	168	116	0%	0,4	0,8	0,8	0,8	1,2	0,8	0%
(d) ANIDÓLICO TERMINADO ESPECULAR		(1) VERANO	21 DE JUNIO	03/04/2012	Despejado	58%	10600	13800	12200	9:45hrs	11:50hrs	8hrs	58	128	157	226	215	180	0%	0,5	1,0	1,3	1,8	1,7	1,4	0%
												12hrs	58	133	128	133	133	162	0%	0,5	1,1	1,0	1,1	1,1	1,3	0%
												18hrs	35	319	348	267	128	81	33%	0,3	2,6	2,8	2,1	1,0	0,7	33%
		(2) EQUINOCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	03/04/2012	Despejado	58%	12900	11100	12000	12:20hrs	14:47hrs	8hrs	5	174	267	255	313	232	17%	0,0	1,5	2,2	2,1	2,6	1,9	17%
												12hrs	81	1380	986	336	331	673	33%	0,7	11,5	8,2	2,8	2,8	5,6	33%
												18hrs	12	110	104	93	52	23	0%	0,1	0,9	0,9	0,8	0,4	0,2	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	04/04/2012	Despejado	58%	11900	13400	12650	9:40hrs	11:50hrs	8hrs	5	592	783	829	1137	864	0%	0,0	4,6	6,1	6,5	8,8	6,7	0%
												12hrs	6	371	1276	818	2535	2076	17%	0,0	2,9	9,9	6,4	19,7	16,2	17%
												18hrs	8	75	93	139	110	93	0%	0,1	0,6	0,7	1,1	0,9	0,7	0%
(e) ANIDÓLICO + LENTE FRESNEL		(1) VERANO	21 DE JUNIO	10/04/2012	Despejado	58%	19300	22600	20950	12:36hrs	14:25hrs	8hrs	17	116	122	174	186	174	0%	0,1	0,4	0,5	0,6	0,7	0,6	0%
												12hrs	12	116	110	133	116	139	0%	0,0	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0%
												18hrs	174	162	360	296	174	122	17%	0,6	0,6	1,3	1,1	0,6	0,5	17%
		(2) EQUINOCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	11/04/2012	Despejado	58%	20100	21300	20700	9:50hrs	12:03hrs	8hrs	23	168	197	284	122	157	0%	0,1	0,7	0,9	1,2	0,5	0,7	0%
												12hrs	35	539	702	244	197	539	0%	0,2	2,3	3,0	1,1	0,9	2,3	0%
												18hrs	70	122	116	145	58	29	0%	0,3	0,5	0,5	0,6	0,3	0,1	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	12/04/2012	Despejado	58%	15100	14700	14900	9:40hrs	11:50hrs	8hrs	6	534	638	719	945	574	0%	0,0	2,5	3,0	3,4	4,4	2,7	0%
												12hrs	41	354	702	661	1177	1021	17%	0,2	1,7	3,3	3,1	5,5	4,8	17%
												18hrs	29	122	122	133	87	122	0%	0,1	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0%

TABLA RESUMEN FILA F																								
VARIABLES													RESULTADOS											
ESTRATEGIA	IMAGEN	CONDICIÓN	FECHA SIMULADA	FECHA DE PRUEBA	CONDICIÓN DE CIELO	TRANSMITANCIA CRISTAL (%)	ILUMINANCIA HOR. EXT. INICIAL (LUX)	ILUMINANCIA HOR. EXT. FINAL (LUX)	ILUMINANCIA HOR. EXT. PROM (LUX)	HORA DE INICIO	HORA FINAL	HORA SIMULA DA	NIVELES DE ILUMINANCIA (VALORES ABSOLUTOS)					TOTAL CONFORT LUMÍNICO (%)	FACTOR DE DÍA (VALORES RELATIVOS)					TOTAL CONFORT LUMÍNICO (%)
													F1	F2	F4	F6	F7		F1	F2	F4	F6	F7	
(a) SIN ESTRATEGIA		(1) VERANO	21 DE JUNIO	14/03/2012	Despejado	58%	17800	12700	15250	12:27hrs	14:06hrs	8hrs	580	394	261	313	273	40%	2,5	1,7	1,1	1,3	1,2	40%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	13/03/2012	Despejado	58%	16000	11200	13600	12:19hrs	14:38hrs	12hrs	133	151	122	93	197	0%	0,6	0,6	0,5	0,4	0,8	0%
												18hrs	46	336	354	157	151	40%	0,2	1,4	1,5	0,7	0,6	40%
												8hrs	###	1038	1050	522	1293	0%	11,4	9,5	9,6	4,8	11,8	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	13/03/2012	Despejado	58%	17600	14500	16050	9:05hrs	11:57hrs	12hrs	145	162	128	87	249	0%	1,3	1,5	1,2	0,8	2,3	0%
												18hrs	99	180	139	75	93	0%	0,9	1,6	1,3	0,7	0,8	0%
												8hrs	760	1792	1334	1357	1943	0%	5,6	13,2	9,8	10,0	14,3	0%
												12hrs	151	116	116	232	348	20%	1,1	0,9	0,9	1,7	2,6	20%
												18hrs	139	232	209	75	116	0%	1,0	1,7	1,5	0,6	0,9	0%
8hrs	371											133	186	168	128	20%	3,4	1,2	1,7	1,6	1,2	20%		
(b) REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR		(1) VERANO	21 DE JUNIO	15/03/2012	Despejado	58%	9900	10700	10300	10:15hrs	12:43hrs	12hrs	180	104	133	162	168	0%	1,7	1,0	1,2	1,5	1,6	0%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	16/03/2012	Despejado	58%	11700	10600	11150	10:30hrs	13:05hrs	18hrs	232	174	145	145	70	0%	2,1	1,6	1,3	1,3	0,6	0%
												8hrs	###	365	545	458	290	40%	9,5	3,3	4,9	4,1	2,6	40%
												12hrs	284	87	151	261	174	0%	2,5	0,8	1,3	2,3	1,6	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	16/03/2012	Despejado	58%	10300	11900	11100	13:16hrs	14:55hrs	18hrs	249	128	145	186	75	0%	2,2	1,1	1,3	1,7	0,7	0%
												8hrs	###	1897	1636	1467	1027	0%	11,5	17,6	15,1	13,6	9,5	0%
												12hrs	220	191	145	168	186	0%	2,0	1,8	1,3	1,6	1,7	0%
												18hrs	267	145	157	186	145	0%	2,5	1,3	1,5	1,7	1,3	0%
												8hrs	377	244	290	186	116	20%	2,9	1,9	2,3	1,5	0,9	20%
12hrs	133											244	116	232	157	0%	1,0	1,9	0,9	1,8	1,2	0%		
(c) REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO		(1) VERANO	21 DE JUNIO	19/03/2012	Despejado	58%	11700	12800	12250	9:50hrs	11:45hrs	12hrs	220	162	174	215	186	0%	1,7	1,3	1,4	1,7	1,5	0%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	19/03/2012	Despejado	58%	12600	11700	12150	12:00hrs	14:03hrs	18hrs	708	307	522	476	215	40%	5,5	2,4	4,1	3,7	1,7	40%
												12hrs	267	93	174	232	197	0%	2,1	0,7	1,4	1,8	1,5	0%
												18hrs	226	110	116	209	116	0%	1,8	0,9	0,9	1,6	0,9	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	20/03/2012	Despejado	58%	12000	12900	12450	13:16hrs	14:55hrs	18hrs	###	1897	911	731	922	0%	8,2	13,7	6,6	5,3	6,7	0%
												12hrs	232	209	174	203	215	0%	1,7	1,5	1,3	1,5	1,6	0%
												18hrs	180	116	197	226	174	0%	1,3	0,8	1,4	1,6	1,3	0%
												8hrs	406	232	418	383	371	80%	2,5	1,4	2,5	2,3	2,3	80%
												12hrs	835	400	290	284	476	40%	5,1	2,4	1,8	1,7	2,9	40%
18hrs	151											191	180	157	1276	0%	0,9	1,2	1,1	1,0	7,8	0%		
(d) ANIDÓLICO TERMINADO ESPECULAR		(1) VERANO	21 DE JUNIO	03/04/2012	Despejado	58%	10600	13800	12200	9:45hrs	11:50hrs	8hrs	650	563	1160	824	777	0%	4,6	4,0	8,2	5,8	5,5	0%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	03/04/2012	Despejado	58%	12900	11100	12000	12:20hrs	14:47hrs	12hrs	###	2442	1694	528	783	0%	40,3	17,3	12,0	3,7	5,5	0%
												18hrs	93	81	87	104	93	0%	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0%
												8hrs	916	1061	1601	1711	1566	0%	5,8	6,7	10,1	10,8	9,9	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	04/04/2012	Despejado	58%	11900	13400	12650	9:40hrs	11:50hrs	12hrs	795	731	1067	2604	3161	0%	5,0	4,6	6,8	16,5	20,0	0%
												18hrs	145	133	128	174	139	0%	0,9	0,8	0,8	1,1	0,9	0%
												8hrs	429	215	365	348	313	80%	2,4	1,2	2,1	2,0	1,8	80%
												12hrs	702	261	348	273	365	40%	4,0	1,5	2,0	1,5	2,1	40%
												18hrs	128	180	168	122	534	0%	0,7	1,0	0,9	0,7	3,0	0%
8hrs	493											464	911	592	638	40%	3,0	2,8	5,6	3,6	3,9	40%		
(e) ANIDÓLICO + LENTE FRESNEL		(1) VERANO	21 DE JUNIO	10/04/2012	Despejado	58%	19300	22600	20950	12:36hrs	14:25hrs	12hrs	###	1125	783	360	644	20%	7,5	6,9	4,8	2,2	3,9	20%
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	11/04/2012	Despejado	58%	20100	21300	20700	9:50hrs	12:03hrs	18hrs	122	104	116	99	70	0%	0,7	0,6	0,7	0,6	0,4	0%
												8hrs	713	661	1032	1154	893	0%	3,0	2,8	4,3	4,8	3,7	0%
												12hrs	551	702	783	1804	1862	0%	2,3	2,9	3,3	7,6	7,8	0%
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	12/04/2012	Despejado	58%	15100	14700	14900	9:40hrs	11:50hrs	18hrs	122	174	122	168	122	0%	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5	0%

Tabla 82. Tabla comparativa entre Niveles de Iluminancia y Factor de Día en Fila F entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e)

TABLA RESUMEN FILA G																										
VARIABLES													RESULTADOS													
ESTRATEGIA	IMAGEN	CONDICIÓN	FECHA SIMULADA	FECHA DE PRUEBA	CONDICIÓN DE CIELO	TRANSMITANCIA CRISTAL (%)	ILUMINANCIA HOR. EXT. INICIAL (LUX)	ILUMINANCIA HOR. EXT. FINAL (LUX)	ILUMINANCIA HOR. EXT. PROM (LUX)	HORA DE INICIO	HORA FINAL	HORA SIMULADA	NIVELES DE ILUMINANCIA (VALORES ABSOLUTOS)					TOTAL CONFORT LUMÍNICO (%)	FACTOR DE DÍA (VALORES RELATIVOS)					TOTAL CONFORT LUMÍNICO (%)		
													G1	G2	G4	G6	G7		G1	G2	G4	G6	G7			
(a) SIN ESTRATEGIA		(1) VERANO	21 DE JUNIO	14/03/2012	Despejado	58%	17800	12700	15250	12:27hrs	14:06hrs	8hrs	667	777	731	835	1201	0%	2,9	3,3	3,1	3,6	5,1	0%		
		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	13/03/2012	Despejado	58%	16000	11200	13600	12:19hrs	14:38hrs	12hrs	261	325	244	307	81	40%	1,1	1,4	1,0	1,3	0,3	40%		
												18hrs	70	336	110	307	81	40%	0,3	1,4	0,5	1,3	0,3	40%		
												8hrs	###	2227	4008	1688	2639	0%	19,3	20,3	36,6	15,4	24,1	0%		
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	13/03/2012	Despejado	58%	17600	14500	16050	9:05hrs	11:57hrs	12hrs	325	284	371	696	696	40%	3,0	2,6	3,4	6,4	6,4	40%		
												18hrs	197	313	255	29	23	20%	1,8	2,9	2,3	0,3	0,2	20%		
												8hrs	###	2332	1438	789	2082	0%	10,2	17,1	10,6	5,8	15,3	0%		
		(b) REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	16/03/2012	Despejado	58%	11700	10600	11150	10:30hrs	13:05hrs	12hrs	232	267	232	232	348	20%	1,7	2,0	1,7	1,7	2,6	20%
														18hrs	174	244	81	348	348	40%	1,3	1,8	0,6	2,6	2,6	40%
8hrs	###													1148	1508	916	365	20%	10,7	10,6	14,0	8,5	3,4	20%		
(1) VERANO	21 DE JUNIO			15/03/2012	Despejado	58%	9900	10700	10300	10:15hrs	12:43hrs	12hrs	348	290	302	603	342	60%	3,2	2,7	2,8	5,6	3,2	60%		
												18hrs	209	162	394	261	261	20%	1,9	1,5	3,7	2,4	2,4	20%		
												8hrs	###	464	1334	2912	1914	20%	9,8	4,1	11,9	26,0	17,1	20%		
(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE			16/03/2012	Despejado	58%	10300	11900	11100	13:16hrs	14:55hrs	12hrs	290	145	737	1032	377	20%	2,6	1,3	6,6	9,2	3,4	20%		
												18hrs	232	128	58	261	162	0%	2,1	1,1	0,5	2,3	1,5	0%		
												8hrs	###	1972	1873	3712	3845	0%	15,0	18,3	17,3	34,4	35,6	0%		
(c) REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	19/03/2012	Despejado	58%	12600	11700	12150	12:00hrs	14:03hrs	12hrs	464	476	1044	992	528	40%	4,3	4,4	9,7	9,2	4,9	40%		
												18hrs	290	203	380	586	563	20%	2,7	1,9	3,3	5,4	5,2	20%		
												8hrs	###	696	1131	928	464	20%	7,9	5,4	8,8	7,3	3,6	20%		
		(1) VERANO	21 DE JUNIO	19/03/2012	Despejado	58%	11700	12800	12250	9:50hrs	11:45hrs	12hrs	203	284	273	493	261	20%	1,6	2,2	2,1	3,9	2,0	20%		
												18hrs	232	226	273	389	348	40%	1,8	1,8	2,1	3,0	2,7	40%		
												8hrs	###	592	829	1230	1288	0%	9,0	4,6	6,5	9,6	10,1	0%		
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	20/03/2012	Despejado	58%	12000	12900	12450	13:16hrs	14:55hrs	12hrs	412	133	568	574	290	20%	3,2	1,0	4,4	4,5	2,3	20%		
												18hrs	238	215	215	313	186	20%	1,9	1,7	1,7	2,4	1,5	20%		
												8hrs	###	1972	1624	1270	1798	0%	9,5	15,4	12,7	9,9	14,0	0%		
(d) ANIDÓLICO TERMINADO ESPECULAR		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	03/04/2012	Despejado	58%	12900	11100	12000	12:20hrs	14:47hrs	12hrs	325	389	493	516	348	60%	2,5	3,0	3,9	4,0	2,7	60%		
												18hrs	232	197	342	458	331	60%	1,8	1,5	2,7	3,6	2,6	60%		
												8hrs	168	41	864	696	1450	0%	1,0	0,2	5,3	4,2	8,8	0%		
		(1) VERANO	21 DE JUNIO	03/04/2012	Despejado	58%	10600	13800	12200	9:45hrs	11:50hrs	12hrs	928	29	406	458	3074	40%	5,7	0,2	2,5	2,8	18,7	40%		
												18hrs	464	319	406	232	232	60%	2,8	1,9	2,5	1,4	1,4	60%		
												8hrs	278	244	1392	1984	1856	0%	2,0	1,7	9,8	14,0	13,1	0%		
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	04/04/2012	Despejado	58%	11900	13400	12650	9:40hrs	11:50hrs	12hrs	###	58	1827	696	1682	0%	12,3	0,4	12,9	4,9	11,9	0%		
												18hrs	174	116	116	161	348	20%	1,2	0,8	0,8	1,1	2,5	20%		
												8hrs	###	6705	1682	1711	###	0%	7,7	42,4	10,6	10,8	87,4	0%		
(e) ANIDÓLICO + LENTE FRESNEL		(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	11/04/2012	Despejado	58%	20100	21300	20700	9:50hrs	12:03hrs	12hrs	###	1334	1160	1044	2030	0%	6,6	8,4	7,3	6,6	12,8	0%		
												18hrs	406	12	342	290	290	40%	2,6	0,1	2,2	1,8	1,8	40%		
												8hrs	###	1984	1235	1241	2442	0%	7,0	11,9	7,4	7,5	14,7	0%		
		(1) VERANO	21 DE JUNIO	10/04/2012	Despejado	58%	19300	22600	20950	12:36hrs	14:25hrs	12hrs	687	1218	911	1340	2030	0%	5,3	7,3	5,5	8,0	12,2	0%		
												18hrs	325	52	261	284	267	20%	2,0	0,3	1,6	1,7	1,6	20%		
												8hrs	389	290	1102	1235	1212	20%	2,5	1,9	7,2	8,0	7,9	20%		
		(3) INVIERNO	21 DE DICIEMBRE	12/04/2012	Despejado	58%	15100	14700	14900	9:40hrs	11:50hrs	12hrs	###	180	1241	574	1235	0%	9,2	1,2	8,1	3,7	8,0	0%		
												18hrs	180	162	174	197	464	20%	1,2	1,1	1,1	1,3	3,0	20%		
												8hrs	###	1984	1235	1241	2442	0%	7,0	11,9	7,4	7,5	14,7	0%		
(2) EQUINOCCIOS	21 MARZO/21 SEPTIEMBRE	11/04/2012	Despejado	58%	20100	21300	20700	9:50hrs	12:03hrs	12hrs	687	1218	911	1340	2030	0%	5,3	7,3	5,5	8,0	12,2	0%				
										18hrs	325	52	261	284	267	20%	2,0	0,3	1,6	1,7	1,6	20%				
										8hrs	389	290	1102	1235	1212	20%	2,5	1,9	7,2	8,0	7,9	20%				

Tabla 83. Tabla comparativa entre Niveles de Iluminancia y Factor de Día en Fila G entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e)

TABLA RESUMEN FILA A, B, C, D, E, F, G CIELO ARTIFICIAL																								
VARIABLES									RESULTADOS															
ESTRATEGIA	IMAGEN	FECHA DE PRUEBA	CONDICIÓN DE CIELO	TRANSMITANCIA CRISTAL (%)	ILUMINANCIA HOR. EXT. (LUX)	HORA DE INICIO	HORA FINAL	EJES	NIVELES DE ILUMINANCIA (VALORES)							TOTAL CONFORT LUMÍNICO (%)	FACTOR DE DÍA (VALORES)							TOTAL CONFORT LUMÍNICO (%)
									1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7	
(a) SIN ESTRATEGIA		23/05/2012	Nublado	58%	7250	11:00hrs	12:00hrs	A	122	168	180	174	273	394	406	29%	1,7	2,3	2,5	2,4	3,7	5,4	5,5	29%
								B	1	6	20	17	28	70	64	0%	0,0	0,1	0,3	0,2	0,4	1,0	0,9	0%
								C	5	-	-	16	23	20	5	0%	0,1	-	-	0,2	0,3	0,3	0,1	0%
								D	3	8	-	15	19	10	3	0%	0,0	0,1	-	0,2	0,3	0,1	0,0	0%
								E	1	14	-	13	16	12	11	0%	0,0	0,2	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0%
								F	24	3	-	29	-	23	41	0%	0,3	0,0	-	0,4	-	0,3	0,6	0%
								G	6	36	-	227	-	117	429	20%	0,1	0,5	-	3,1	-	1,6	5,9	20%
(b) REPISA DE LUZ TERMINADO ESPECULAR		23/05/2012	Nublado	58%	7320	12:20hrs	13:00hrs	A	81	99	122	122	186	226	278	0%	1,1	1,3	1,7	1,7	2,5	3,1	3,8	0%
								B	1	110	16	14	23	52	46	0%	0,0	1,5	0,2	0,2	0,3	0,7	0,6	0%
								C	5	-	-	13	18	16	3	0%	0,1	-	-	0,2	0,2	0,2	0,0	0%
								D	3	6	-	12	16	9	3	0%	0,0	0,1	-	0,2	0,2	0,1	0,0	0%
								E	1	14	-	13	15	12	11	0%	0,0	0,2	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0%
								F	24	3	-	28	-	22	41	0%	0,3	0,0	-	0,4	-	0,3	0,6	0%
								G	6	36	-	227	-	116	426	0%	0,1	0,5	-	3,1	-	1,6	5,8	0%
(c) REPISA DE LUZ TERMINADO BLANCO		23/05/2012	Nublado	58%	7320	13:30hrs	14:40hrs	A	87	104	139	151	191	273	307	14%	1,2	1,4	1,9	2,1	2,6	3,7	4,2	14%
								B	1	12	17	15	23	58	52	0%	0,0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,8	0,7	0%
								C	5	-	-	13	20	16	3	0%	0,1	-	-	0,2	0,3	0,2	0,0	0%
								D	3	6	-	13	16	9	3	0%	0,0	0,1	-	0,2	0,2	0,1	0,0	0%
								E	1	14	-	13	15	12	11	0%	0,0	0,2	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0%
								F	24	3	-	28	-	22	41	0%	0,3	0,0	-	0,4	-	0,3	0,6	0%
								G	6	36	-	216	-	107	423	20%	0,1	0,5	-	3,0	-	1,5	5,8	20%
(d) ANIDÓLICO TERMINADO ESPECULAR		25/05/2012	Nublado	58%	7300	10.10 hrs	11.25 hrs	A	79	73	79	81	262	505	291	0%	1,1	1,0	1,1	1,1	3,6	7,0	4,0	0%
								B	1	13	23	23	28	53	67	0%	0,0	0,2	0,3	0,3	0,4	0,7	0,9	0%
								C	15	-	-	22	24	15	6	0%	0,2	-	-	0,3	0,3	0,2	0,1	0%
								D	6	15	-	17	23	16	10	0%	0,1	0,2	-	0,2	0,3	0,2	0,1	0%
								E	1	19	-	22	28	21	17	0%	0,0	0,3	-	0,3	0,4	0,3	0,2	0%
								F	36	52	-	30	-	42	70	0%	0,5	0,7	-	0,4	-	0,6	1,0	0%
								G	90	215	-	89	-	166	218	0%	1,2	3,0	-	1,2	-	2,3	3,0	0%
(e) ANIDÓLICO + LENTE FRESNEL		25/05/2012	Nublado	58%	7300	11:50hrs	13:00hrs	A	81	74	79	81	267	509	295	0%	1,1	1,0	1,1	1,1	3,7	7,0	4,1	0%
								B	1	13	22	22	28	53	68	0%	0,0	0,2	0,3	0,3	0,4	0,7	0,9	0%
								C	15	-	-	20	22	14	6	0%	0,2	-	-	0,3	0,3	0,2	0,1	0%
								D	6	13	-	15	21	15	10	0%	0,1	0,2	-	0,2	0,3	0,2	0,1	0%
								E	1	15	-	17	22	17	15	0%	0,0	0,2	-	0,2	0,3	0,2	0,2	0%
								F	31	42	-	24	-	31	66	0%	0,4	0,6	-	0,3	-	0,4	0,9	0%
								G	71	171	-	56	-	115	183	0%	1,0	2,4	-	0,8	-	1,6	2,5	0%

Tabla 84. Tabla comparativa entre Niveles de Iluminancia y Factor de Día en Filas A,B,C,D,E,F,G entre condiciones (a), (b), (c), (d) y (e) cielo artificial.



CONCLUSIONES

La luz es de gran importancia para el ser humano ya que más del 80 por ciento de la información que recibe es a través de la vista. Esta información se almacena y se transfiere a través del nervio óptico hacia el cerebro para interpretarlo, es por esto que la visión depende directamente de la luz. La cantidad y la calidad de la luz que recibe el ojo humano tienen una influencia directa en la manera cómo se ven las cosas; es por esto que para la arquitectura la luz es un elemento más de diseño.

La naturaleza dinámica de la luz natural satisface las necesidades biológicas por relacionarnos con los ritmos cambiantes del día. Además crea dramatismo en el espacio que es mucho más estimulante que una escena completamente consistente alumbrada artificialmente.

Resulta paradójico que contando con una fuente de energía limpia y constante, el hombre utilice energías contaminantes y agotables como primera opción en el diseño de su espacio. Debemos usar la iluminación natural por todos los beneficios que nos brinda.

En esta era de la tecnología avanzada las edificaciones deben estar acordes con el desarrollo y evolución de la ciencia y de la propia tecnología y apoyarnos en esta información. Es por esto que la investigación realizada se basó en sistemas innovadores de Iluminación que son concebidos para mejorar la eficiencia y las condiciones de servicio en instalaciones de alumbrado, mediante la introducción de nuevas funciones, haciéndolas más flexibles, confortables y eficientes.

En este trabajo se evaluaron:

- Modelo sin estrategias (a)
- Repisa de luz con terminado especular (b)
- Repisa de luz con terminado blanco (c)
- Anidólico con terminado especular (d)
- Anidólico con lente Fresnel (e)

Todos bajo condiciones de cielo despejado al exterior y cielo nublado en el cielo artificial en verano (21 de junio), equinoccios (21 de marzo y septiembre) e invierno (21 de



diciembre) a las 8hrs, 10hrs, 12hrs, 14hrs, 16hrs y 18hrs. Se monitorearon 40 puntos en planta con un resultado de 3600 datos obtenidos.

La primera parte del experimento fue monitorear el modelo físico sin estrategias para tomarlo como referencia y compararlo con los demás sistemas propuestos. Los resultados en esta parte indicaron que: durante el verano el 51% de los puntos de medición están fuera del rango de confort lumínico, establecido para este caso de estudio (300-500 lux). En los equinoccios fue de 57% mientras que en invierno se alcanzaron valores mayores de 76%. Los puntos más desfavorables fueron los que están en la fila c, d y e por ser obviamente los más alejados de las aberturas. Estos son los puntos críticos.

En la segunda parte, donde se monitoreó la repisa de luz con terminado especlar, se obtuvieron resultados similares. Durante el verano, el 50% de los 40 puntos están fuera del rango de confort lumínico. En el periodo de equinoccios el porcentaje se mantuvo, mientras que en el invierno el 66% estuvo fuera del rango de confort lumínico. Los puntos con menores niveles de iluminancia fueron los de las filas c, d y e con valores menores al rango de confort lumínico y por lo tanto con 0% de confort lumínico en el invierno.

En la tercera parte de la investigación se monitoreó la repisa de luz con terminado blanco con resultados similares a los anteriores. Durante el verano el 57% de los puntos de medición estuvieron fuera del rango de confort lumínico. Mientras tanto, en los periodos de equinoccios e invierno el 66% de los puntos de medición estuvieron fuera del rango de confort lumínico.

La cuarta estrategia monitoreada fue el sistema anidólico con terminado especlar que presentó mejores resultados. Con esta estrategia el porcentaje de puntos de medición fuera del rango de confort lumínico fue menor que en las estrategias mencionadas anteriormente. Durante la época de verano el 43% de los puntos de medición estuvieron fuera del rango de confort lumínico. En el periodo de equinoccios sólo el 38% de los puntos medidos estuvieron fuera del rango de confort lumínico, mientras que en invierno subió al 60%.

En la quinta parte de la investigación se monitoreó el anidólico con lente Fresnel con resultados similares a los anteriores. Durante el verano el 57% de los puntos de medición estuvieron fuera del rango de confort lumínico. Mientras que los periodos de equinoccios



los valores fueron de 52% y durante el invierno el 66% de los puntos de medición estuvieron fuera del rango de confort lumínico.

A continuación se presenta un análisis comparativo entre las estrategias evaluadas estableciendo 3 rangos, aplicables a la mayoría de los puntos monitoreados (más del 50%): (1) de color gris que representa iluminación inadecuada, (2) de color azul que significa iluminación regular y (3) de color amarillo que caracteriza una buena iluminación. Lo que se tomó en cuenta fue el número de puntos dentro del rango de confort. Ninguna estrategia por sí sola satisface las necesidades lumínicas del espacio por lo que se recomienda la utilización de luz eléctrica.

TABLA COMPARATIVA DE ESTRATEGIAS EVALUADAS			
ESTRATEGIA	VERANO (21 JUN)	EQUINOCCIOS (21 MAR-21 SEPT)	INVIERNO (21 DIC)
Sin estrategia	1	1	1
Repisa de luz especular	1	2	2
Repisa de luz blanca	1	1	2
Anidólico terminado especular	3	3	2
Anidólico con lente Fresnel	1	2	2

 Iluminación inadecuada  Iluminación regular  Iluminación buena

Tabla 85. Tabla comparativa de estrategias evaluadas.

La estrategia que presentó mejor comportamiento lumínico con **más puntos** dentro del rango de confort lumínico fue **anidólico con terminado especular**. Se debe aclarar que esta estrategia por sí sola no satisface las necesidades de iluminación en un 100%, por lo que debe combinarse con iluminación eléctrica.

Dos de las razones de la mala distribución lumínica, que fueron detectadas en el diagnóstico del caso de estudio, es la configuración y el color del mobiliario. Las divisiones piso techo impiden una distribución uniforme de la luz; además de que el color caoba del mobiliario solamente refleja un 4% de la luz incidente. El cambiar la configuración y color del mobiliario **podría** mejorar las condiciones de iluminación en los puntos críticos. Esto sería motivo de una nueva investigación.



Se destaca el aumento de niveles de iluminación y una buena distribución lumínica en el espacio de trabajo con la repisa de luz (especular y blanca) durante la época de invierno, esto en consecuencia de la posición solar en este periodo del año.

Con lo que respecta a los puntos más alejados de la fuente de luz natural (filas c, d y e) con menores niveles de iluminancia el desempeño de las estrategias evaluadas es el siguiente: durante el monitoreo del modelo sin estrategias en verano el número de puntos dentro del rango de confort lumínico en la fila **C** son sólo 2 a las 18hrs. En el periodo de equinoccios el número de puntos no aumentó, sólo se presentan 2 a las 8hrs. En invierno todos los puntos medidos estuvieron fuera del rango de confort.

Con la estrategia repisa de luz con terminado especular los valores son similares: durante el verano sólo 2 puntos estuvieron dentro del rango de confort a las 18hrs. En equinoccios la cantidad subió a 4; 2 puntos dentro del rango de confort a las 8hrs y 2 más a las 18hrs. En invierno ningún punto se encontró dentro del rango de confort, igual que en la condición anterior.

En el monitoreo con repisa de luz terminado blanco los valores obtenidos fueron más bajos. En los periodos de verano, equinoccios e invierno *ningún* punto medido estuvo dentro del rango de confort.

Con la estrategia de anidólico terminado especular los valores mejoraron. Durante el verano ningún punto estuvo dentro del rango de confort lumínico. En el periodo de equinoccios 3 de 6 puntos estuvieron dentro del rango de confort lumínico: 1 a las 8hrs y 2 a las 18hrs. En invierno 2 puntos estuvieron dentro del rango de confort lumínico a las 12hrs.

Los valores obtenidos con la estrategia anidólico con lente Fresnel durante el verano fueron bajos, sólo 2 de 6 puntos se encontraron dentro del rango de confort lumínico; 1 a las 8hrs y otro a las 18hrs. En los equinoccios el número se elevó: 1 punto a las 8hrs, 1 a las 12hrs y 2 a las 18hrs. En la época de invierno sólo 1 punto estuvo dentro del rango de confort lumínico a las 12hrs.

En la fila **D** el número de puntos que se encontraron dentro del rango de confort lumínico en el monitoreo del modelo sin estrategias durante el verano fueron 2 a las 18hrs. En los



periodos restantes de equinoccios e invierno no se presentó ningún valor dentro del rango de confort lumínico.

Con la estrategia de repisa de luz con terminado especular durante el verano el número de puntos dentro del rango de confort lumínico son sólo 2 a las 18hrs (el mismo número que el modelo sin estrategias). En los equinoccios el número se elevó a 2; 1 a las 8hrs y otro a las 18hrs. Durante el periodo de invierno ningún valor estuvo dentro del rango de confort lumínico.

Los resultados en el monitoreo con estrategia repisa de luz terminado blanco son similares. Durante el verano y los equinoccios ningún valor estuvo dentro del rango de confort lumínico. Mientras que en invierno se presentó 1 punto a las 8hrs.

Con el anidólico con terminado especular el número de puntos dentro del rango de confort lumínico fueron mayores. Durante el verano se presentaron 2 puntos dentro del rango de confort lumínico a las 18hrs. En los equinoccios se presentaron 2 puntos dentro del rango de confort lumínico a las 12hrs y 1 a las 18hrs. En invierno sólo 2 puntos a las 12hrs tuvieron valores dentro del rango de confort lumínico.

El monitoreo de la estrategia anidólico con lente Fresnel presentó valores similares. En el verano sólo 1 punto a las 18hrs está dentro del rango de confort lumínico. En el periodo de equinoccios ningún valor alcanzó el rango de confort lumínico. Durante el invierno 2 puntos a las 12hrs estuvieron entre 300 y 500 lux.

Otra fila crítica por su ubicación es la **E**. Durante el verano en el monitoreo del modelo sin estrategia no se presentaron valores dentro del rango de confort lumínico. En los equinoccios hubo 3 puntos dentro del rango de confort lumínico a las 8hrs y otro a las 18hrs. En el periodo de invierno sucedió lo mismo que en el verano sin valores entre 300 y 500 lux.

Durante en verano con la estrategia de repisa de luz terminado especular alcanzó valores de entre 300 y 500 lux en 3 puntos a las 18hrs. En equinoccios sólo 2 puntos estuvieron dentro del rango de confort lumínico a las 8hrs. Mientras que en invierno no se registró ningún punto.



Los resultados obtenidos con la estrategia repisa de luz con terminado blanco son bastante bajos. Solamente 1 punto durante el verano a las 8hrs alcanza niveles de entre 300 y 500 lux, todos demás puntos durante el periodo de equinoccios e invierno están fuera del confort lumínico.

Con la estrategia de anidólico terminado especular los valores mejoraron. Durante el verano 2 puntos alcanzaron el rango de confort lumínico a las 18hrs. En el periodo de equinoccios 3 puntos estuvieron dentro del rango de confort lumínico: 1 a las 8hrs y 2 a las 12hrs. En invierno sólo 1 punto estuvo dentro del rango de confort a las 12hrs.

En el monitoreo de estrategia anidólico con lente Fresnel sólo 2 puntos llegan al rango de confort lumínico: 1 durante el verano a las 18hrs y otro en invierno a las 12hrs.

De acuerdo a lo anterior el sistema **anidólico con terminado especular** es el que presentó los mayores valores de niveles de iluminancia.

La utilización de luz natural es de gran importancia para alcanzar mejores condiciones de confort lumínico y visual y para lograr este objetivo podemos valernos de sistemas que nos ayuden a transportar la luz a mayores distancias, haciendo posible la disminución del uso de energía eléctrica en plantas libres de grande extensión durante los horarios diurnos.

El diseño de iluminación, siempre que se pueda, debe tomar como elemento principal de diseño la iluminación natural y apoyarse en la eléctrica sólo en casos estrictamente necesarios, esto nos ayudará a lograr un balance entre funcionalidad, flexibilidad y ahorro. Es importante que en la etapa de diseño se tomen en cuenta factores geográficos y de emplazamiento para admitir luz dentro del espacio, combinados con sistemas de alta eficiencia lumínica. En el caso de edificios ya construidos la solución más viable es la utilización de sistemas de alta eficiencia lumínica junto con un método de control de iluminación.

Es deseable que este tipo de estrategia se utilice en más edificios, sobre todo en edificios de oficinas por ser los mayores consumidores de energía por concepto de iluminación. Este tipo de iniciativa podría lograr un efecto multiplicador en la sociedad y por ende



conseguir ahorro de energía, mejoras medioambientales por la disminución en la emisión de gases a la atmósfera y en consecuencia la mejora de la salud de las personas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de divisiones a media altura o con materiales traslúcidos en oficinas para ayudar a una correcta distribución de luz.
- Se recomienda el uso de mobiliario con una correcta reflectancia.
- Se recomienda que la ventana donde se vaya a colocar el dispositivo se encuentre en el mismo plano que la mampostería para evitar producir sombra al dispositivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Assaf, L., 2006. *Manual de ELI© Efficient Lighting Initiative*, Buenos Aires: s.n.
- Borisuit, A., Scartezzini, J.-L. & Thanachareonkit, A., 2010. *Visual discomfort and glare rating assesment of integrated daylighting*. Suiza, s.n.
- Boubekri, M., 2008. *Daylighting, Architecture and Health: Building Design Strategies*. s.l.:Architectural.
- BP, 2011. *BP Statistical Review of World Energy*, s.l.: s.n.
- Ceballos, J. C., Bottino, M. J. & Righini, R., 2005. *Radiación Solar en Argentina Estimada por Satélite*. s.l.:s.n.
- Chávez, J. R. G., 1999. *Arquitectura, Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Chávez, J. R. G., 2000. *Hacia una Arquitectura Ecológica y Sustentable*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, 2008. *Secretaria del Trabajo y Previsión Social*. [En línea]
Available at: <http://www.stps.gob.mx>
[Último acceso: 6 diciembre 2011].
- Díaz Báez, A., 2009. *Dispositivo de iluminación de alta eficiencia instalado en cubos de edificios*. México DF: s.n.
- Fernández Zayas, J. L. & Estrada-Cajigal, V., 1983. *Cálculo de la Radiación Solar Instantanea en la República Mexicana*. 1a ed. México, D.F: UNAM : Instituto de Ingeniería.
- Givoni, B., 1976. *Man, Climate and Architecture*. London: Publishers.
- Hu, J. & Olbina, S., 2011. *Illuminance-based slat angle selection model for automated control of split blinds*. Estados Unidos, s.n.
- Lacomba, R., 1991. *Manual de Arquitectura Solar*. México: Trillas.
- Lechner, N., 1990. *Heating, Cooling, Lighting. Design Methods for Architects*. United States of America: A Wiley & Sons Publication.
- Leclercq, M., Arnal, E., Anthierens, C. & Bideaux, E., 2011. *Control of visual conditions for open-plan offices*. Francia, s.n.



- Li, D. H. & Tsang, E. K., 2008. *An analysis of daylighting performance for office buildings in Hong Kong*. China, s.n.
- Linhart, F., Wittkopf, S. K. & Scartezzini, J.-L., 2010. *Performance of anidolic daylighting systems in tropical climates*. Singapur, s.n.
- Moore, F., 1991. *Concepts and Practice of Architectural Daylighting*, New York: Van Nostrand Reinhold.
- Moore, F., 1993. *Environmental Control Systems. Heating Cooling Lighting*. s.l.:McGraw-Hill.
- Moyo Martínez, R. E., 2009. *Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia Energética para el Aprovechamiento de la Iluminación Natural*. México DF: s.n.
- Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico, 2004. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*. [En línea]
Available at: <http://www.consejeria.df.gob.mx/>
[Último acceso: 6 diciembre 2011].
- Pattini, A., 1995. *Evaluación en modelo a escala de aberturas cenitales para aprovechar la luz solar..* s.l., s.n.
- Pattini, A., 2000. *Evaluación de la Iluminación Natural en Edificios. Modelos a escala..* s.l., s.n., p. 6.
- Pattini, A., 2000. *Recomendaciones de Niveles de Iluminación en edificios no residenciales*. [En línea]
Available at: <http://www.mendoza-conicet.gob.ar/portal/>
[Último acceso: 25 Mayo 2012].
- Pattini, A., 2006. *Manual de Iluminación Eficiente*, Buenos Aires: s.n.,
- Rojas, S., 2011. *Kerchak - Ciencia, Tecnología, Historia y Salud*. [En línea]
Available at: <http://kerchak.com/templo-de-atenea-nike-acropolis-de-atenas-427-424-ane/>
[Último acceso: 12 Marzo 2012].
- Scartezzini, J.-L. & Courret, G., 2002. *Anidolic Daylighting Systems*. Suiza, Solar Energy and Building Physics Laboratory (LESO-PB), Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne (EPFL), CH-105 Lausanne, Switzerland..
- SENER, 2011. *Balance Nacional de Energía*, s.l.: s.n.
- Viqueira, M. R., 2011. *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. México: Limusa, S.A de C.V.



CURRICULUM VITAE

Arq. Johanna Isabel Apolo Díaz.



Información Personal

- Lugar de nacimiento: Quito, Ecuador
- Edad: 28 años
- Estado civil: Soltera
- Teléfono: 044 55 22582879
- Email: johannaapolo@hotmail.com

Estudios Realizados:

- Universitaria: Universidad Internacional SEK Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Título obtenido: Arquitecta. Periodo 2003-2009.
- Posgrado: Especialidad en Diseño Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. Posgrado en Diseño, Especialización en Arquitectura Bioclimática. Título Obtenido: Especialista en Arquitectura Bioclimática. Periodo 2010-2011
- Maestría en Diseño con línea en Iluminación Natural. Periodo 2011-2013.

Seminarios y Cursos Realizados:

- New York University, Continuing Education. "Art across cultures at the Metropolitan Museum of Art MET". 2007.
- Hunter College New York, Continuing Education. "Adobe Photoshop". 2008.
- Taller de "Ecosistemas Urbanos" en la XV Bienal Panamericana de Arquitectura de Quito "Ciudades Visibles". 13 al 17 de noviembre de 2006 (25 horas)
- XVI Bienal Panamericana de Arquitectura de Quito "Sentir la Arquitectura Latinoamericana". 17 al 21 de noviembre de 2008 (25 horas).
- Curso "Art across the Cultures at the Met" en New York University, New York, Estados Unidos. De febrero a abril de 2008 (33 horas)
- Curso "Adobe Photoshop" en Hunter College, New York, Estados Unidos. De junio a julio de 2008 (18 horas)



- Curso de “Fotografía Digital” en el Centro de la Imagen de la Alianza Francesa. De febrero a mayo de 2009 (90 horas)
- XXXIV Semana Nacional de Energía Solar ANES, Guanajuato, México. Del 4 al 9 de octubre de octubre 2010.
- 1er Seminario Internacional en Iluminación Arquitectónica, UAM AZC, México. Del 19 de mayo al 9 de junio del 2011 (20 horas).
- Seminario Internacional de Urbanismo y Edificación Sustentable, UNAM, México. Del 6 de septiembre al 22 de noviembre de 2011 (20 horas).
- Seminario Hábitat Sustentable, en diferentes ámbitos del mundo, UAM AZC, México. Del 30 de noviembre al 2 de diciembre de 2011 (20 horas).
- 1er Seminario-Taller Diseño y Evaluación de Edificios Sustentables. Ciclo Nuevas Prácticas Profesionales, UNAM, México D.F y UAM AZC, México. Del 23 al 27 de abril de 2012 (25 horas).
- XXXVI Congreso Nacional de Energía Solar. Participación: ponencia “Sistemas de iluminación de alta eficiencia para obtener confort lumínico y ahorro de energía en un edificio de oficinas”. Cuernavaca, Morelos, México. Del 1 al 5 de octubre de 2012.
- Lighting Design EILD 2012 2do. Encuentro Latinoamericano. Participación: Diseño caja de luz “Dibujar luz con la tecnología”. Querétaro, Querétaro, México. Del 24 al 27 de octubre de 2012.

Idiomas:

- Inglés – Instituto de Ingles de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Politécnica Nacional Quito, Ecuador– Suficiencia aprobada.
- Comprensión de lectura –Instituto Politécnico Nacional Cenlex Zacatenco DF México– Aprobado dominio sobresaliente.



Menciones Honoríficas:

- Mejor Alumna Facultad de Arquitectura y Urbanismo promoción 2008-2009 UISEK.
- Tesis preseleccionada para competir por la medalla de oro en la XVII Bienal Panamericana de Arquitectura de Quito.

Experiencia pre-profesional:

- Corsa Construcciones Cía. Ltda. Asistencia en diseño, obra y licitaciones. Quito – Ecuador.
- Arq. Daniel Salazar. Construcción de casas de interés social. Fiscalización. Quito – Ecuador.

Experiencia profesional:

- PVS ARQUITECTOS. Arquitectura y Diseño. Av. Los Granados 376 y Calle Shuara. Quito – Ecuador. CARGO: Dibujo y Dirección Arquitectónica Proyecto Drom Plaza 2009-2010.
- Robinson+Grisaru Architecture. 55 Washington Street, number 711. Brooklyn-New York. CARGO: Dibujo Arquitectónico 2012-2013.
- Cenit Arquitectos. Arquitectura Bioclimática, asesoría, evaluación y diseño de proyectos. CARGO: Diseño 2012-presente.